

CENTRO NACIONAL DE
EDUCACION A DISTANCIA

TEORÍA

ELECTRÓNICA

INDUSTRIAL

ENVÍO 8



CONCEPTOS ELEMENTALES DE LUMINOTECNIA

LUMINOTECNIA : Es la técnica de la iluminación.

LUZ : Se define como una radiación electromagnética de una determinada frecuencia y su velocidad de propag ación es de 300000 Km/seg.
La longitud de onda de luz visible fluctúa entre 400 Aº (luz violeta) y 7000 Aº (luz roja).

1 Aº (Armstrong) = 10^{-10} m.

Todo foco luminoso puede ser referido a la radiación del cuerpo negro a determinada temperatura absoluta. El cuerpo negro tiene reflexión = 0, absorción = 1, ósea, la energía recibida o se refleja o se absorbe; y la emisividad es igual a la absorción.
Las unidades de luz son: candela, el lumen y el Lux.

CANDELA : Es la unidad de foco luminoso. Equivale aprox imadamente a la bujía con que se miden las ampolletas (1 bujía da 1 Watts de consumo). Corresponde al foco unidireccional que irradia un flujo de 1 lumen en cada steradian (4 lúmenes en total).

LUMEN : Es la unidad de flujo luminoso correspondiente a 1/ 680 Watts irradiados a una longitud de onda de 5500 Aº (luz verde, a la que tiene su máxima sensibilidad el ojo humano).

LUX : Es la unidad de iluminación correspondiente a 1 lumen. La antigua unidad de iluminación, el foot candle, correspondiente a 10, 76 lux m^2

FLUJO LUMINOSO : Es la potencia luminosa que emite un foco, es decir, la energía luminosa radiada en 1 segundo. Su unidad es el lumen (Lm).

NIVEL DE ILUMINACION : Se llama así al flujo luminoso incidente sobre una superficie de 1 metro cuadrado. Su unidad de medida es el Lux (Lx) o lumen por metro cuadrado (Lm x m^2).
El nivel de iluminación queda expresado por la siguiente fórmula.

$$E = \frac{F}{D}$$

En donde:
E = Nivel de iluminación
F = Flujo luminoso (en Lm).
D = Distancia al cuadrado.
Ejemplo: Si sobre una superficie de 1 metro cuadrado, ubicada a 1 metro de distancia de la fuente de luz, incide un flujo luminoso de 72 Lm, determinar su nivel de iluminación.

$$E = \frac{72\ Lm}{1m} = 72\ Lx.$$

Es importante destacar que el nivel de iluminación disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente de luz, es decir, si se duplica la distancia, se tendrá un nivel de iluminación cuatro veces menor.

$$E = \frac{72\ Lm}{2^2} = \frac{72\ Lm}{4} = 18\ Lx.$$

El nivel de iluminación puede ser medido mediante un instrumento denominado "Luxometro". El luxometro es un instrumento de medida compuesto por una célula de selenio sensible a la luz y un aparato de medida.

INTENSIDAD LUMINOSA (I)

Es la potencia luminosa que emana de una fuente en una determinada dirección. La unidad de medida es la "Candela", aunque también se utiliza como unidad de medida la "Bujía".
A continuación se muestra una tabla de comparación de distintas fuentes luminosas y otras, con longitudes de onda de rayos luminosos.

LONGITUDES DE ONDA DE LOS RAYOS LUMINOSOS

COLOR	En (m U)
Violeta	380 – 430
Azul	430 – 485
Verde azulado	485 – 505
Verde	505 – 530
Amarillo verdoso	530 – 560
Amarillo	560 – 590
Naranja	590 – 620
Rojo	620 – 700

COMPARACION DE DISTINTAS FUENTES LUMINOSAS

Tipos de lámparas	I. luminosa I máx (Bj)	Brillo B (Sb)	Flujo luminoso F (Lm)	Rendimiento Lm/W
Velas	0,8 – 1,5	0,7 – 0,8	6 - 14	0,1 – 0,2
Lámparas de Petróleo a mecha	14	0,6 – 1,5	150	0,3
Lámpara a petróleo incandescente	60 - 70	4	600 - 700	1,2 – 1,4
Lámpara a gas	45 - 110	3,2 - 8	200 - 1000	1,1 – 1,7
Lámpara de filamento carbónico	5 - 50	42 - 68	50 - 500	2,5 – 4
Lámpara de filamento metálico	5 - 3000	95 - 220	50 - 40000	6 – 20
Lámpara de arco	-	18000	1250 - 26000	3,5 – 35
Lámpara a vapor de sodio	-	14	-	43
Lámpara a vapor de mercurio	-	200	1200 - 20000	26
Tubos de neón	-	-	-	15 – 00
Tubos fluorescentes	-	-	300 - 4200	50 – 70

DISPOSITIVOS FOTOELECTRICOS

INTRODUCCIÓN:

Se denominan fotoeléctricos aquellos dispositivos capaces de transformar los fenómenos luminosos en fenómenos eléctricos.
Los dispositivos fotoeléctricos se pueden clasificar según su efecto en:

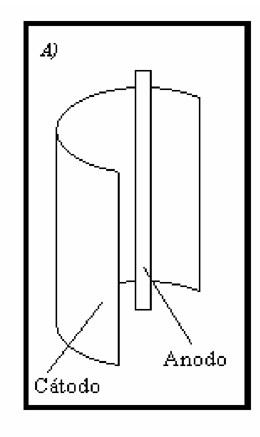
- **Fotoemisores**
- **Fotoconductores**
- **Fotovoltaicos**
- **Fotomagnéticos**.

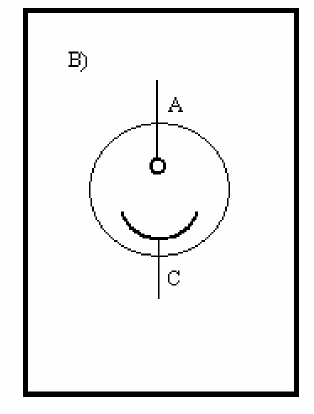
DISPOSITIVOS FOTOEMISORES

Estos dispositivos aprovechan la propiedad que tiene ciertas sustancias de emitir electrones cuando se hace incidir sobre ellas una relación luminosa.

a)Tubos fotoeléctricos: (Células fotoeléctricas)

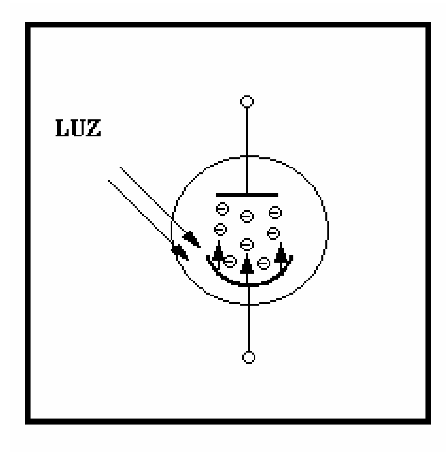
Son válvulas que poseen un electrodo fotoemisor, llamado cátodo (C) de forma cilíndrica, el cual está constituido por una superficie metálica, preparada de modo que resulte sensible a las radiaciones luminosas; y un electrodo llamado ánodo (a) que suele ser más pequeño que el cátodo, de forma cilíndrica o de plaqueta; y que permite que el flujo luminoso llegue al fotocátodo.
En la figura siguiente se presentan los electrodos de un tubo fotoeléctrico en su estructura más simple; un cátodo fotoemisor de forma cilíndr ica y un ánodo filiforme y dispuesto a lo largo del eje del cátodo.



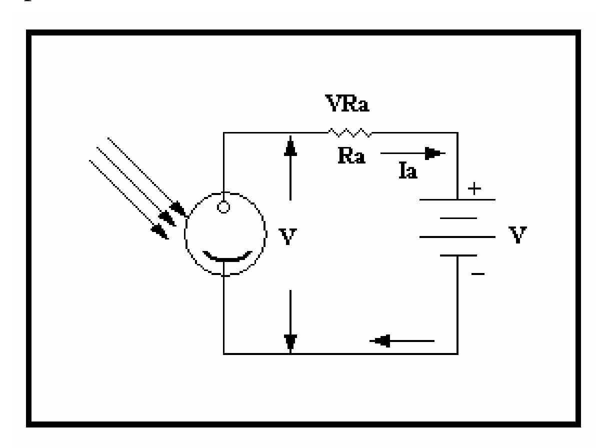


a) Estructura física del tubo fotoeléctrico
b) Símbolo del tubo fotoeléctrico.

Si un rayo luminoso incide sobre el fotocatodo, tiene lugar una emisión de electrones y al aplicarle un campo eléctrico de intensidad emitidos adecuada entre el fotocátodo (-) y el ánodo (+), los fotoelectrones emitidos por el cátodo cuando sobre él incide luz serán acelerados hacia el ánodo, de manera que por el circuito del que el tubo forma parte será recorrido por una corriente eléctrica.
Figura Nº18. Representación esquemática de la emisión de electrones de un fototubo.



Circuito en donde se representa el funcionamiento del fototubo con la polaridad adecuada.



Los tubos fotoeléctricos son normalmente de vacío, pero también existen células fotoeléctricas en cuyo interior hay una pequeña cantidad de gas noble (argón, helio, neón, xenón, etc.) inicial desprendido por el cátodo, debido a la ionización de dicho gas. En otras palabras, los electrones que se dirigen hacia el ánodo chocan con los átomos de gas, los cuales se ionizan, desprendiendo electrones secundarios, los cuales se dirigen aceleradamente hacia el ánodo que los atrae, en conjunto con los fotoelectrones emitidos por el cátodo. Estos electrones pueden ionizar por colisión nuevos átomos, desprendiéndose de esta forma más electrones secundarios, de tal forma que por cada fotoelectrón emitido por el cátodo, cuando en él incide luz, pueden llegar varios al ánodo.

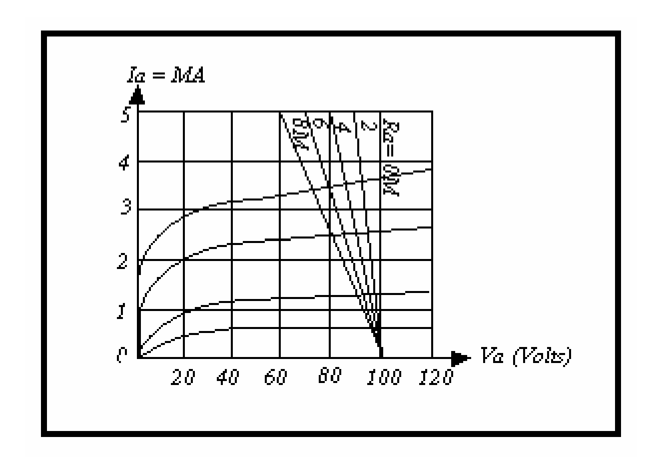
Además los iones positivos del gas son atraídos por el cátodo negativo y llegan a él con la energía suficiente para desprender nuevos electrones o bien toman electrones de la región del cátodo para reemplazar a los perdidos en las colisiones. Este fenómeno es la amplificación gaseosa y produce un aumento de la corriente. A este tipo de célula fotoeléctrica se denomina gaseosa.

Cabe destacar que las células de vacío presentan algunas ventajas con respecto a las gaseosas. Las células fotoeléctricas al vacío no son ca si sensibles a las variaciones de tensión de alimentación y transmiten fielmente variaciones rápidas de flujo luminoso.

En cambio, las gaseosas, inherente a los inconvenientes propios de las válvulas de gas, sufren una alteración de sus características con el tiempo, la temperatura, deben funcionar con una tensión de alimentación estabilizada y no responden bien a las variaciones rápidas de la luz por la inercia de la desionización del gas.

La figura siguiente muestra la curva característica de los tubos fo toeléctricos de vació, la cual facilita la corriente anódica en función de la tensión anódica, a flujo luminoso incidente constante.

Características V –I típicas de los tubos fotoeléctricos.



Para estudiar el comportamiento de fototubo de vacío, en presencia de una resistencia de carga anódica Ra (ver figura anterior), es necesario construir la recta de carga correspondiente a la resistencia Ra. Por ejemplo, consideremos el circuito de la figura anterior, siendo:

V = Va + Vra = Va + Ra ia

Si ia = 0, entonces V = Va para cualquier valor de Ra. Esto significa que todas las rectas de carga pasan por el punto V.
Para obtener otro punto relativo a una resistencia Ra, se toma para Va un valor inferior a V, de donde, si Va es menor que V:

$$Ia = \frac{V - Va}{Ra}$$

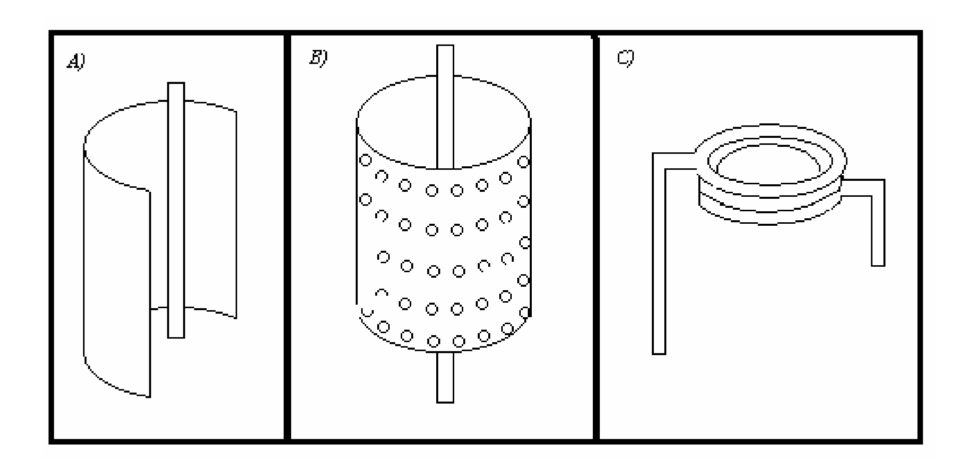
Por ejemplo, en el circuito anterior se tiene para Ra = 6 M Ω y para V = 100V. Se considera Va = 70V, por lo tanto:

$$Ia = \frac{100 - 70}{6 \times 10^{6}} = \frac{30}{6} \times 10^{-6}$$

ia = 5μA

Estas rectas de carga son útiles porque permiten estudiar el circuito, no solo en régimen estático, sino también en régimen dinámico. Por ejemplo, en el circuito representado en la figura anterior, para Ra = 6 MΩ, si el flujo luminoso es de 25 m/Lm la corriente anódica será de 0,7 μA. Si el flujo luminoso varía de 25 a 50 m/Lm, la corriente anódica varía de

0,7 a 1,25 μA, y la tensión entre los extremos de Ra sufrirá una variación de 0,7 μA x 6 MΩ = 4,2V a 1,25 μA x 6 MΩ = 7,5V.
En el gráfico de la figura anterior debe observarse que, para valores superiores a ciertos valores de Va, la corriente anódica es independiente de la tensión anódica y depende del flujo luminoso en proporción prácticamente lineal (en este caso com o Va = 40V).
En la figura siguiente se representan en forma esquemática, distintos tipos de tubos fotoeléctricos:



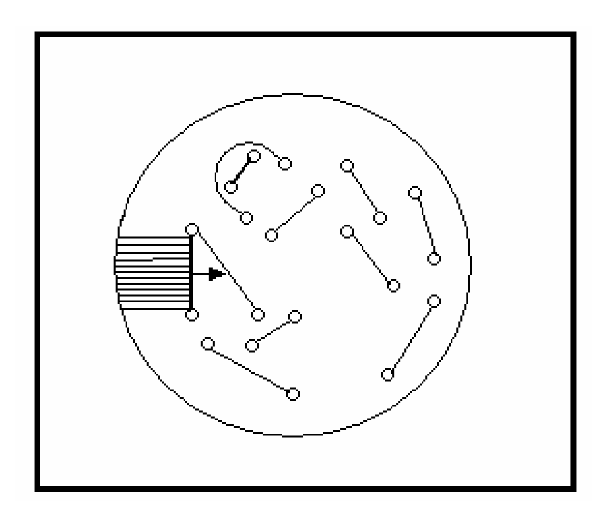
a)Tipo normal, el cual debe estar orientado hacia el foco luminoso, de modo que el cátodo recoja el máximo posible de flujo luminoso.

b)Tipo cátodo cilíndrico agujereado, el cual permite el funcionamiento, cualquiera sea la dirección de la radiación incidente.

c)Tipo frontal o de extremidad, el cual debe estar orientado en la dirección de la luz incidente.

Generalmente el cátodo está constituido por una lámina metálica, que se encuentra revestida de la sustancia emisora, en la superficie orientada hacia el ánodo. Como sustancia emisora se emplean las que tienen bajo potencial de extracción. Puede ser el metal puro, depositado sobre metal base por medio de proyección por descargas eléctricas (molibdeno, tantalio, tungsteno) o por simple evaporación (potasio, rubidio, calcio, bario, sodio, magnesio) o bien óxidos metálicos alcalinos.
Uno de los más empleados es el cátodo de cesio, el cual está constituido por plata (o metal plateado), oxidado y recubierto por una capa de cesio. Este cátodo de cesio tiene la característica de que su respuesta espectral es máxima cuando es iluminado por los focos luminosos más corrientes en la práctica (lámparas incandescentes).
Los cátodos de superficies de metal puro, tienen aplicación en donde se empleen radiaciones pertenecientes al campo de ultravioleta.

Dentro de las células fotoemisoras también se encuentran las células fotomultiplicadoras, las cuales poseen:



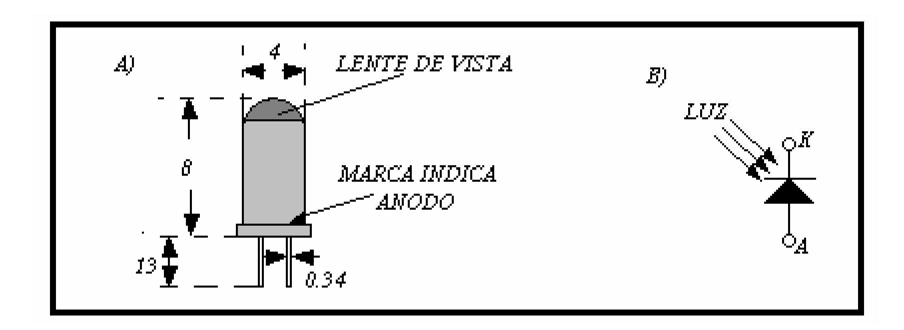
En la figura se muestra la forma física del fotomultiplicador.
En comparación con los fototubos de vacío normales, los fotomultiplicadores presentan un factor de amplificación de aproximadamente un millón.

DISPOSITIVOS FOTOCONDUCTORES

Estos dispositivos utilizan la propiedad que poseen algunos cuerpos que, al incidir sobre ellos una radiación luminosa, sufren una modificación (incremento) de su conductividad eléctrica.

a)El fotodiodo o diodo fotoeléctrico.-

Si una juntura NP es iluminada, la corriente inversa varía casi linealmente con el flujo luminoso. Este efecto es utilizado en el fotodiodo. El dispositivo consiste en una juntura NP encerrada en una cápsula de plástico transparente y habitualmente premunida de un pequeño lente a fin de concentrar el haz luminoso, con el fin de permitir que la radiación incida sobre la superficie en que se encuentra la juntura. El resto es cubierto con plástico opaco y/o encerrado en una cápsula metálica. La dimensión es de algunas décimas de cm.



Si se aplica tensión inversa de unas pocas décimas de volt, se obtiene una corriente constante independiente de la magnitud de la polarización inversa. La corriente en completa oscuridad corresponde a la corriente de saturación inversa debida a la generación de portadores minoritarios generados por acción térmica. Los portadores minoritarios caen bajo la acción del campo eléctrico favorable en la juntura, mientras que la polari zación inversa impide el paso de los portadores mayoritarios por la juntura. Al incidir luz sobre la juntura, se forman pares huecos – electrón adicionales. Si consideramos esto como una inyección de portadores minoritarios (electrones en el lado P y hueco s en el lado N), estos portadores minoritarios difunden en la juntura, la cruzan y contribuyen a la corriente inversa.
La corriente inversa de saturación Is en un diodo NP es proporcional a la concentración de portadores minoritarios en las regiones N y P respectivamente. Si iluminamos una juntura inversamente polarizada, el número de nuevos pares huecos – electrón es proporcional al número de fotones incidentes. Por lo tanto, la corriente bajo polarización inversa es grande.
I = Is + Ir, donde Ir es la corriente de cortocircuito, que es proporcional a la intensidad luminosa. Por lo tanto, la característica volt – ampere estará dada por la expresión:

$$I = Ir + Is \left(1 - e \; \frac{V}{\eta \quad VT} \right)$$

en donde:

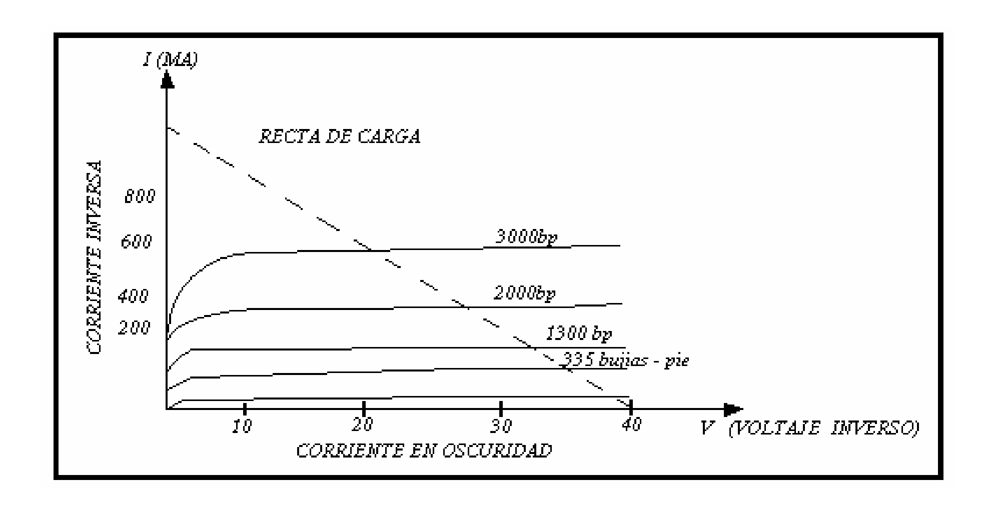
I = corriente inversa total.
Is = corriente inversa generada térmicamente
Ir = corriente inversa generada por luminosidad incidente.
V = tensión de polarización aplicada.

V es positiva para polarización directa y negativa para la inversa. El parámetro η es 1 para el GE y 2 para el SI; y :

$$VT = \frac{T}{11600}$$

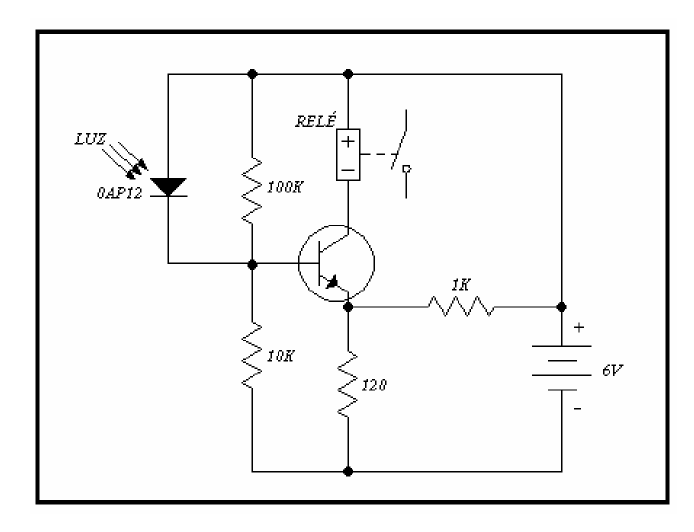
es el voltaje térmico.

Las curvas del fotodiodo se muestran en la figura siguiente:



Curva característica V - I de un fotodiodo

Las curvas, con excepción de la curva con iluminación cero u oscuridad, no pasan a través del origen y están dadas como la característica volts – amperes en función del flujo luminoso en bujías – pie.
Estos dispositivos fotoeléctricos son aplicables en funciones de conmutación por detección de luz, en particular para la lectura de tarjetas perforadas y detección de bordes en tarjetas de artes gráficas, interruptores operados por luz, conteos de obj etos en líneas de producción industrial, en donde se interrumpe un haz de luz. También se le utiliza en la partida de escaleras automáticas, abrir puertas de ascensores, medición de las RPM de un motor, sistemas de alarma, etc.
Conviene destacar que el fotodiodo tiene la propiedad de ser mucho más sensible que las células de vacío o fototubos y, además, el tiempo de respuesta a las variaciones de flujo luminoso admite valores superiores a los 100 KHz. Debido a estas ventajas y a sus pequeñas dimensiones, estos fotodiodos son utilizados ampliamente en las aplicaciones antes mencionadas.
En la figura siguiente se muestra un fotodiodo controlando la acción de un relé:

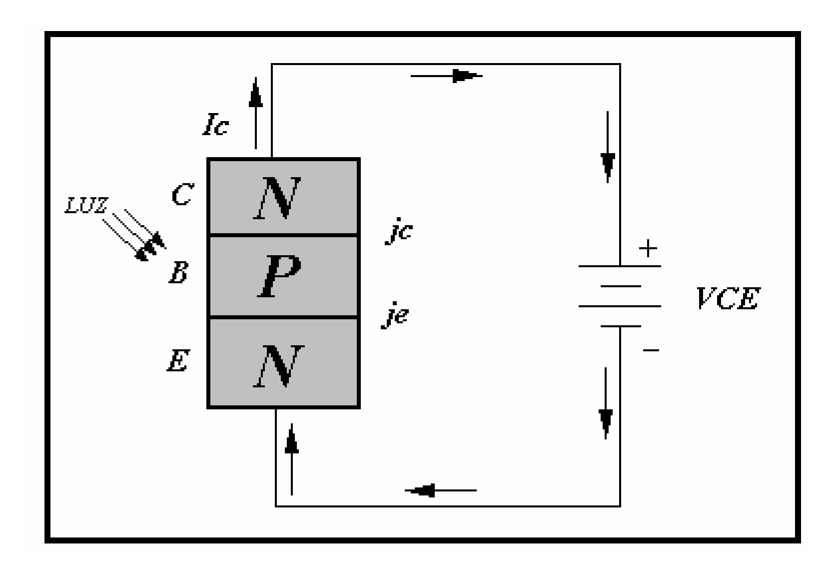


b)El fototransistor.-

El principio de funcionamiento de un fototransistor es igual al de un fotodiodo, pero difiere de ello en que la corriente es mayor debido a que la luz es amplificada por el efecto transistor, obteniéndose de esta forma una sensibilidad mucho mayor que la de los fotodiodos.

El fototransistor es usado generalmente en la configuración emisor común con la base abierta, y la radiación luminosa se concentra en la región más cercana a la juntura de colector.

En la figura siguiente se muestra la representación esquemática del fototransistor.

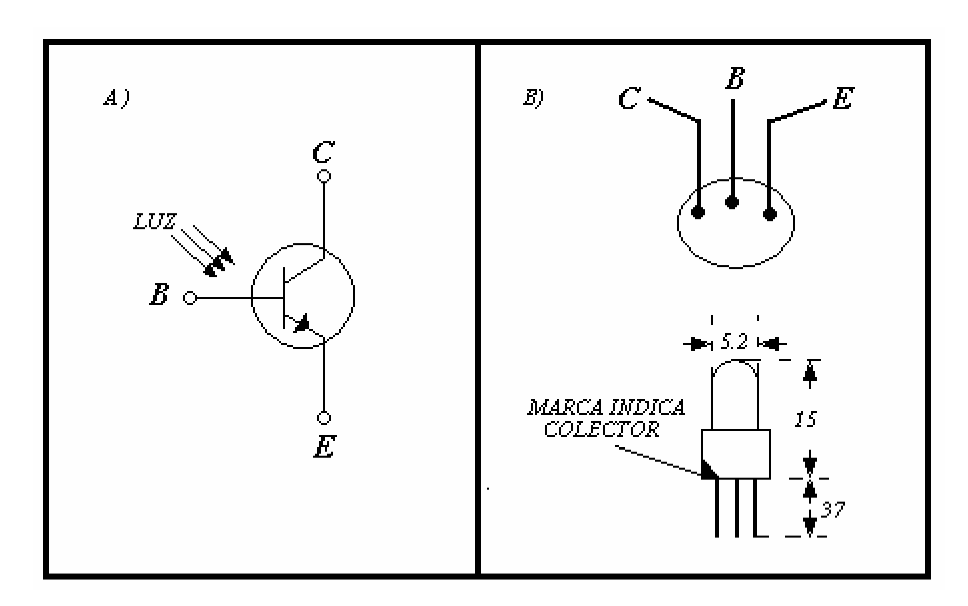


Al incidir la luminosidad, se fotogeneran portadores minoritarios adicionales y estos contribuyen a la corriente de saturación inversa Ico, exactamente en la misma forma como contribuyen los portadores minoritarios generados térmicamente. Si llamamos Ir a la componente de la corriente de saturación inversa generada por la radiación luminosa, la corriente total de colector viene dada por la fórmula:

$$IC = (B + 1)(Ico + Ir)$$

Donde $(B + 1)$ es el factor e amplificación debido al efecto transistor.

El símbolo usado para este dispositivo es el mostrado en la siguiente figura:



A) Símbolo esquemático del fototransistor.
B) Dimensiones físicas de un fototransistor típico.

La curva característica de este dispositivo conectado en configuración de emisor común, es igual a la de un transistor bipolar conectado de la misma forma, pero reemplazando la corriente de base (Ib) por la intensidad de iluminación.
La intensidad de iluminación se mide en lux. El lux es el flujo luminoso que recibe una superficie determinada dividida por el área de dicha superficie.
Es importante hacer notar que la frecuencia de corte de un fototransistor es menor que la de un fotodiodo . Un fototransistor alcanza como máximo 10 KHz, mientras que los fotodiodos alcanzan frecuencias de corte de hasta 100 KHz.

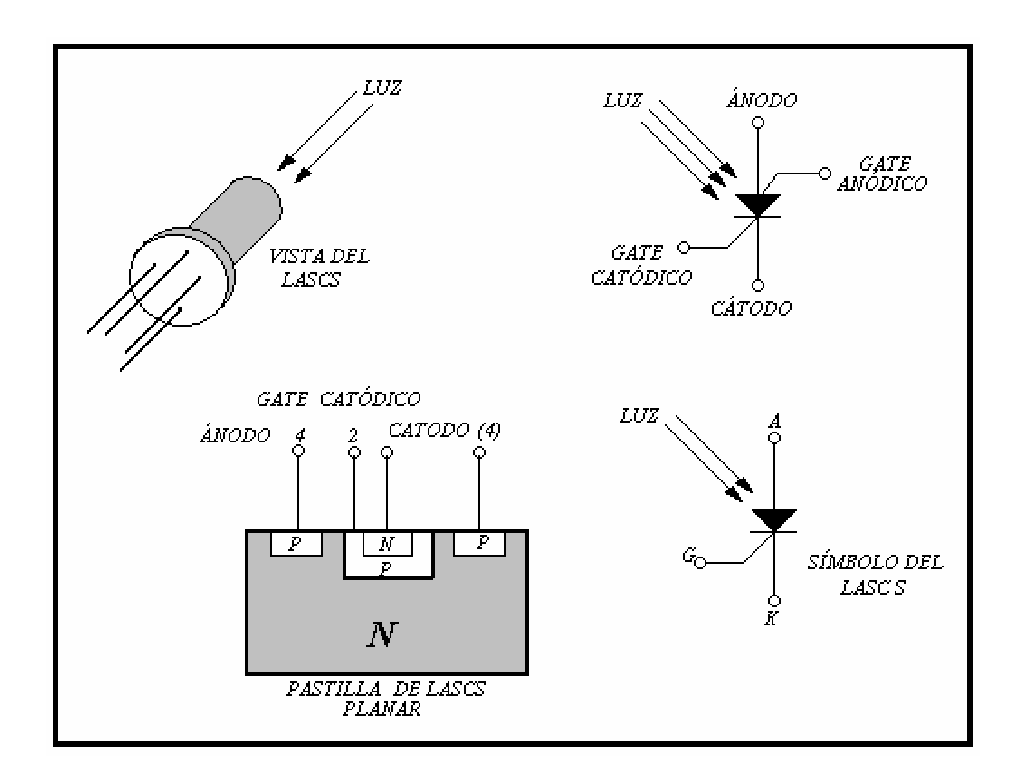
c)El fototiristor.-

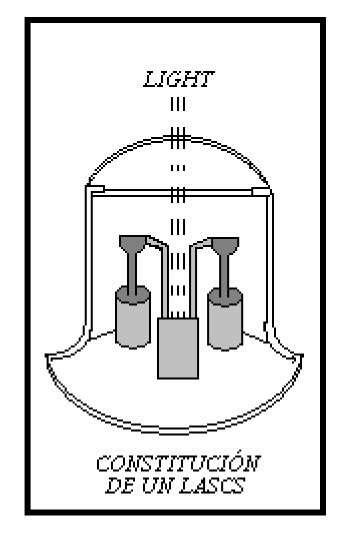
Este dispositivo es un componente semiconductor, al que se puede hacer pasar del estado de bloqueo al estado de conducción, no solo por medio de una corriente de control aplicada a la compuerta (gate), sino que también por medio de una radiación luminosa o infrarroja.
A menudo un fototiristor viene equipado con dos electrodos de control, un electrodo anódico. En este caso se rata, para hablar con precisión, de un tetrodo fototiristor o Lascs o, como también suele denominarse, tiristor de desconexión, ya que a dicho dispositivo se le puede hacer pasar, con ayuda de un electrodo de control anódico, del estado conductor al estado de bloqueo positivo. Si no se emplea el electrodo de control anódico, la circulación de corriente entre ánodo y cátodo, una vez iniciada la conducción, solo se puede interrumpir, como en los demás tiristores, es decir, haciendo que la corriente a través de él se haga inferior a la corriente de mantenimiento del dispositivo. Cuando el dispositivo trabaja con corriente alterna, esto ocurre automáticamente como en los otros tiristores, al final de cada alternancia (cuando la tensión pasa por cero).

Al trabajar con tensión continúa, es necesario hacer que la corriente descienda a una cifra menor que su valor de mantenimiento (IH) por medio de un impulso de tensión negativa aplicado entre ánodo con respecto al cátodo.

En estos dispositivos, el umbral de iluminación capaz de causar la conmutación, depende de la tensión directa aplicada, la temperatura y la velocidad de crecimiento de la tensión aplicada.

En la figura siguiente se muestra el símbolo y el aspecto físico del fototiristor de compuerta doble y simple respectivamente.

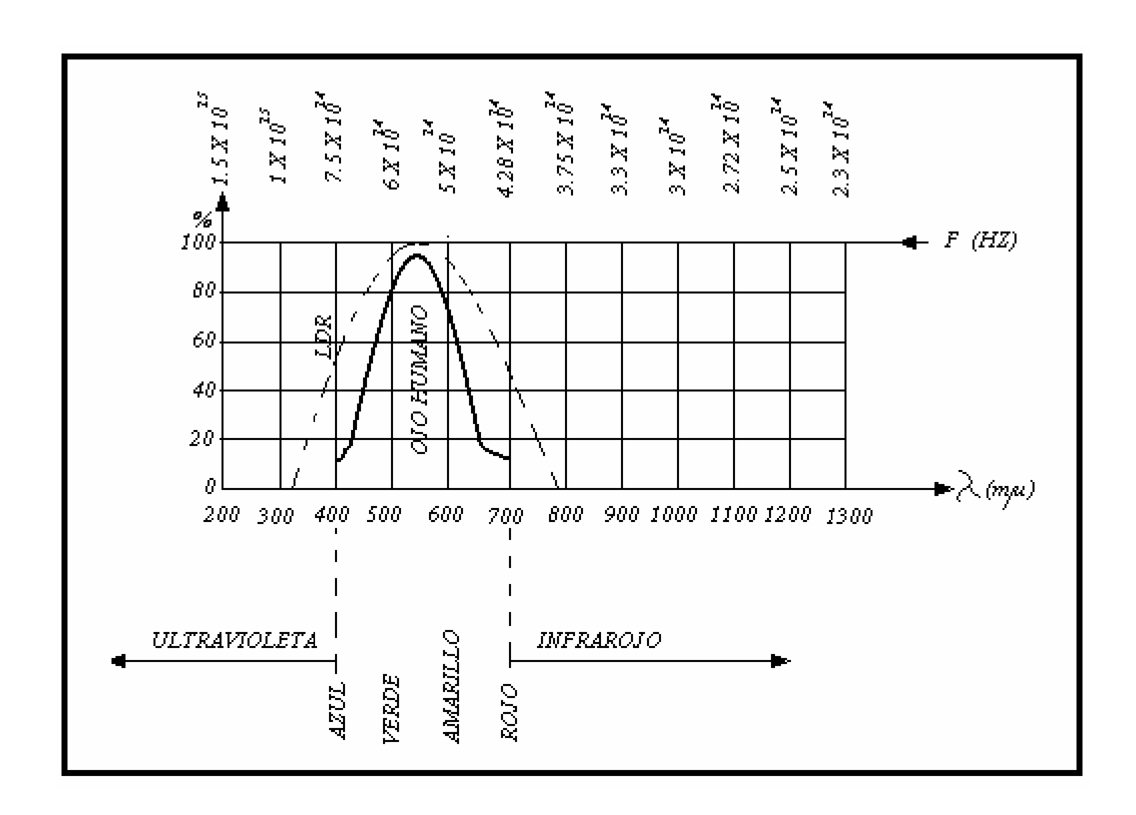




d)Resistencias dependientes de la luz (fotorresistencias o celulas fotoconductoras). -

Existen materiales cuya resistencia eléctrica varía según la luz que reciben, entre los cuales se encuentran el selenio (Se), el sulfuro de plomo (Pbs), el antimoniuro de indio (InSb) y el sulfuro de cadmio (Cds). Estos materiales que poseen la propiedad de variar su conductividad según la luz aplicada, han permitido la obtención de la resistencia dependiente de la luz (LDR), cuya sensibilidad a la luminosidad es del orden de 10.000 veces superior a la de los fototubos convencionales.
Entre los LDR destacan las de sulfuro de cadmio, por su gran estabilidad y por permitir el paso de corrientes elevadas. Además, poseen una gran sensibilidad y permiten una elevada disipación de potencia, características que le permiten no solo reemplazar a un fototubo, sino que además simplificar el amplificador asociado.
El principio de funcionamiento de los LDR de sulfuro de cadmio se puede explicar de la siguiente forma:

Los cristales de sulfuro de cadmio, al no estar expuestos a la luz, poseen la mayoría de los electrones firmemente unidos a sus átomos, existiendo solo una pequeña cantidad de electrones libres, cuyo número depende en gran medida de la temperatura a la que está sometido el material. Por lo tanto, en ausencia de luz presentan una baja conductividad, la cual es debida a la pequeña cantidad de electrones libres generados por la agitación térmica producida a temperatura ambiente. En estas condiciones presentan una resistencia de oscuridad de valor elevado, pero finito.
Si se hace incidir luz sobre los cristales de sulfuro de cadmio (Cds), estos absorben la energía lumínica, teniendo como consecuencia la liberación de un gran número de electrones que facilitan la conducción del material, es decir, disminuyen su resistencia en forma considerable.
El efecto fotoconductor de elevar la conductividad, puede aumentarse en forma considerable agregando al sulfuro de cadmio pequeñas cantidades de materiales como cobre, galio o plata, los cuales reciben el nombre de activantes. Por el contrario, la fotoconductividad disminuye en forma ostensible si la conductividad de átomos de hierro es superior a la de un átomo de hierro por cada 10^6 átomos de cadmio; por lo cual la fabricación de estas células es de alta tecnología a fin de evitar impurezas inactivas.
Las células fotoconductoras de sulfuro de cadmio o LDR, poseen la característica de producir efecto eléctrico solamente cuando la radiación incidente está dentro de una determinada banda de longitudes de onda. Esto se puede apreciar en la curva de respuesta espectral del LDR que se muestra en la figura siguiente. Esta muestra la relación entre la respuesta relativa y la longitud de onda (λ) de la radiación que incide.



Acá se muestra la respuesta espectral del LDR en comparación con la respuesta espectral visible del ojo humano.
En esta figura se muestran las longitudes de onda (λ) de los rayos luminosos en milimicrones (mμ). 1mμ = 10^{-9} m; la frecuencia del rayo se calcula con el cuociente:

$$F = \frac{3 \times 10^{17}}{\lambda}$$

La frecuencia esta dada en ciclos por segundo (c/s) y la longitud de onda esta expresada en milimicrones (mμ).
En la figura anterior se puede apreciar que, en el extremo rojo del espectro, se encuentra una longitud de onda de umbral, por encima de la cual no puede producirse efecto fotoeléctrico. Más allá de este valor umbral de longitud de onda, los foto nes de las radiaciones luminosas no poseen energía suficiente para excitar los electrones y hacen que pasen de la banda de valencia a la banda de conducción.
Para longitudes de onda menores que las del valor de umbral, la respuesta espectral de la fotocélula de sulfuro de cadmio aumenta al principio, ya que al aumentar la energía de los fotones se excitan cada vez más electrones a la banda de conducción, aumentando la conductividad. Los LDR tienen su respuesta máxima a una longitud de onda de 680 m μ. Una de las desventajas principales de los LDR de sulfuro de cadmio, es que poseen una cierta inercia. Cuando un LDR pasa de un cierto nivel de iluminación a oscuridad total, el

valor de su resistencia no aumenta inmediatamente hasta el valor de oscuridad, sino q ue transcurrido cierto intervalo de tiempo alcanza este valor. A este intervalo de tiempo se le denomina " tiempo de recuperación" y es una medida práctica de aumento del valor de la resistencia con el tiempo. El grado de recuperación se expresa en K Ω/seg. y para los tipos corrientes de LDR es mayor de 200 KΩ/seg (durante los primeros 20 segundos a partir de un nivel de 1000 Lx.

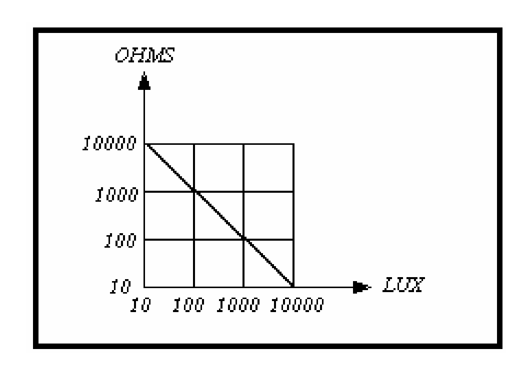
En cambio, en sentido inverso la velocidad es mucho mayor (no reciprocidad).

En sentido inverso, el pasar de oscuridad a un niv el de iluminación, la velocidad es mucho mayor, por ejemplo, al pasar de oscuridad a un nivel de iluminación de 400 Lx, se tarda menos de 10 m/seg en alcanzar un valor de resistencia correspondiente a un nivel de iluminación de 500 Lx.

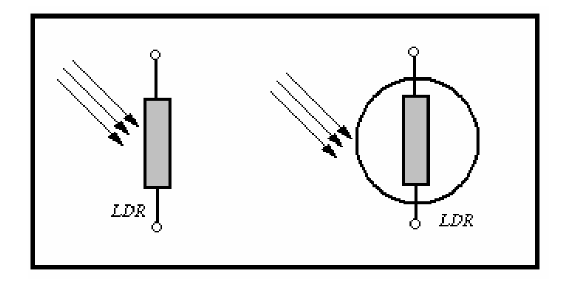
Las características resistencia – iluminación de los LDR se indican para dos puntos: en oscuridad total y a 1000 Lx. Para 1000 Lx se especifican los valores máximos y mínimos de la resistencia (RL), que generalmente es del orden de 75 a 300 ohms.

En oscuridad completa, se esp ecifica el valor de resistencia de más bajo valor alcanzado después de un cierto intervalo de tiempo, que es de alrededor de 10 M Ω; lo cual significa que la resistencia del dispositivo alcanza valores superiores a éste.

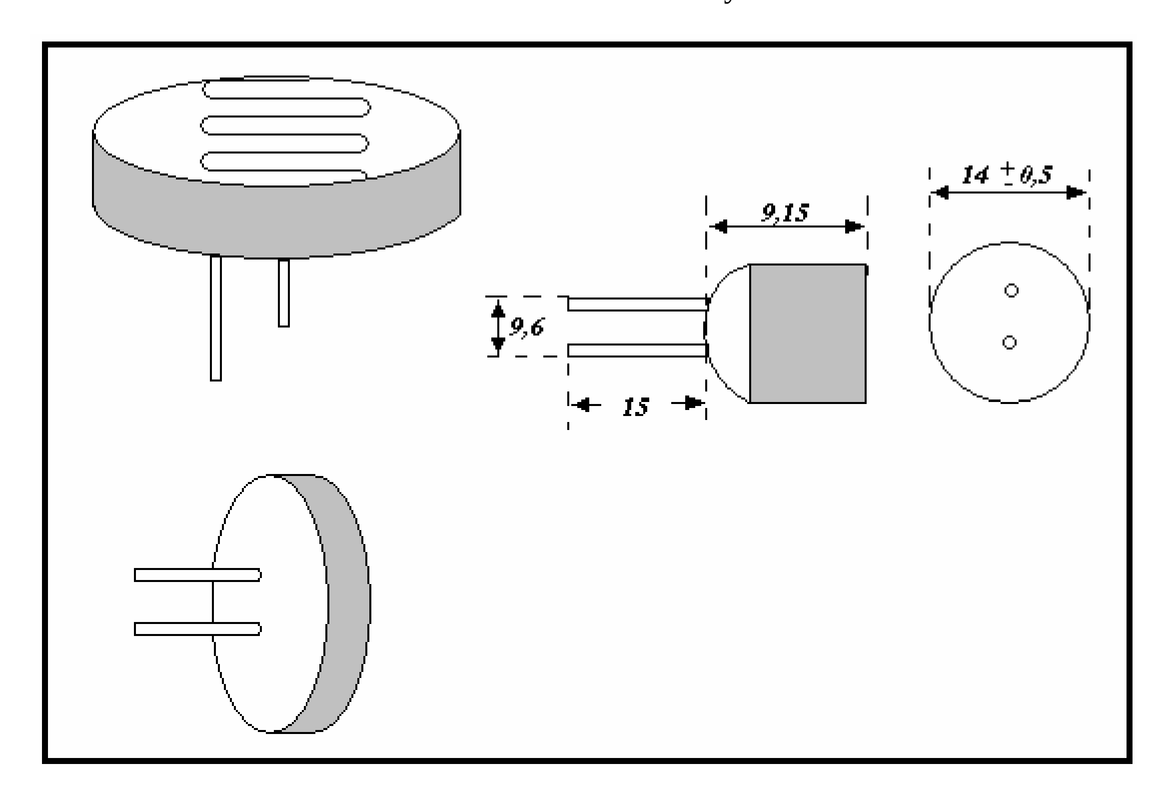
La figura siguiente muestra una curv a típica de resistencia en función de la luminosidad.



En la siguiente figura se muestran los símbolos mediante los cuales se suele representar un LDR.

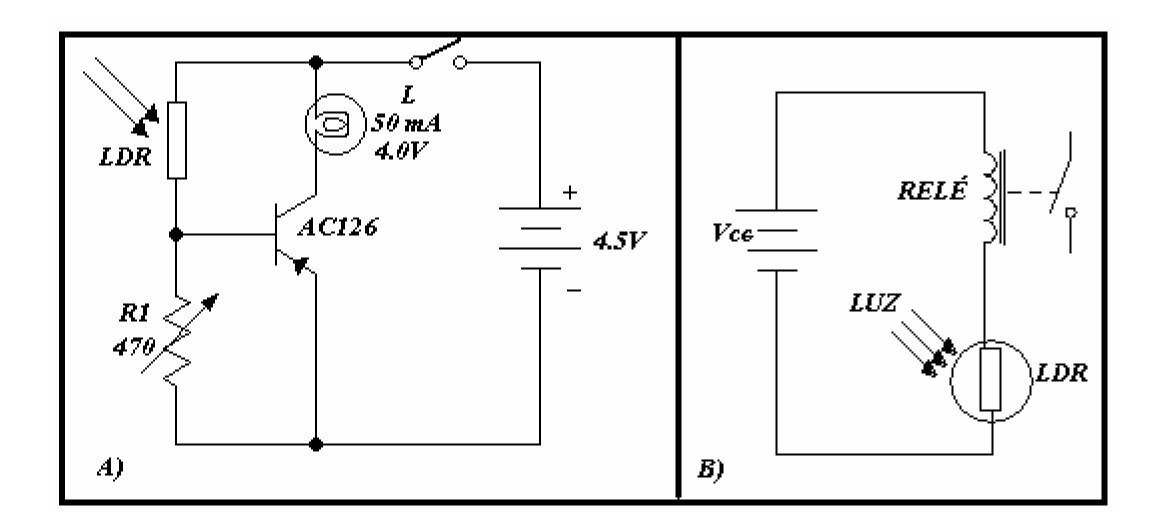


A continuación se muestra la forma física de un LDR y sus dimensiones físicas:



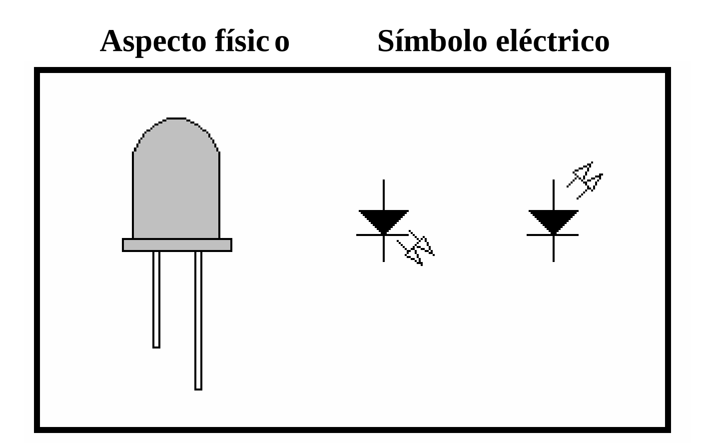
Los LDR de sulfuro de cadmio tienen la desventaja de que poseen baja velocidad de reacción en comparación con los fototubos de alto vacío. Por ejemplo, los fototubos de alto vacío pueden funcionar sin problemas a frecuencias de hast a 100 MHz. En cambio, los LDR de sulfuro de cadmio solo pueden ser utilizados en circuitos de frecuencia máxima de 150 Hz. Esto introduce una limitación en los LDR de sulfuro de cadmio, no siendo aptos para la lectura de bandas sonoras en el cine y en el c ontéo de revoluciones a velocidades elevadas.
Como ejemplos de aplicación de los LDR se pueden nombrar los relés fotoeléctricos, alarmas contra incendios, barrera fotoeléctrica de la luz visible o infrarroja, sistema contador en ls circuitos lógicos, recue nto de personas, control del encendido de luces, control remoto por luz y otras variadas aplicaciones.

En la figura siguiente se muestran circuitos de aplicación del LDR.



e)El diodo emisor de luz.-

Aspecto físico **Símbolo eléctrico**



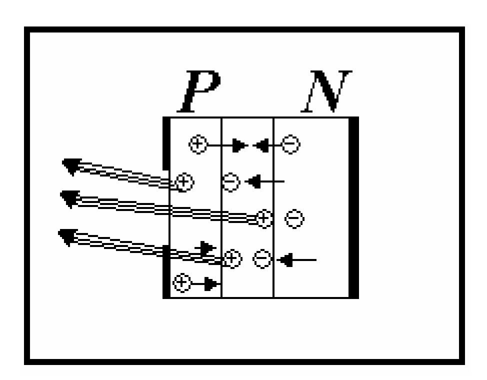
Aparecieron en el mercado en los años 1972 y 1973, y desde su lanzamiento, cada día son más populares debido a sus grandes ventajas.

Ventajas:

- Menor tensión de trabajo.
- Menor corriente de trabajo.
- Potencia de consumo baja.
- Durabilidad 100 veces superior a las lámparas incandescentes.

Funcionamiento:

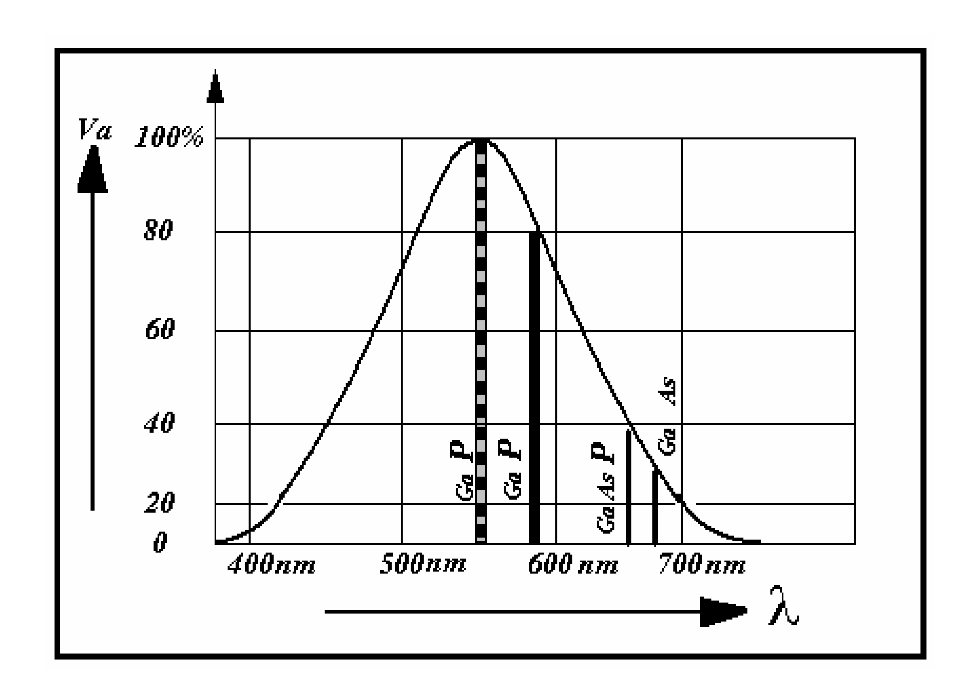
Los diodos led´s o diodos emisores de luz, son básicamente diodos de juntura que permiten la emisión de luz monocromática cuando son directamente polarizados. La emisión de luz es causada por la liberación de energía (emisión de fotones) que ocurre cuando los electrones se desprenden de la banda de valencia con destino a la banda de conducción a una gran velocidad.



Generación de color:

La obtención de coloración de los diodos emisores de luz, es conseguida de acuerdo a la clase de cristal y del elemento dopante.

- Ga As = Infrarrojo.
- Ga As = Rojo o amarillo (dependiendo de la concentración P).
- Ga P = Rojo, con dopaje de zinc u oxígeno.
- Ga P = Verde o amarillo, con dopaje de nitrógeno.



Los led tienen la ventaja de que pueden encenderse y apagarse con mayor rapidez que otras fuentes luminosas, pues el tiempo de concentración no excede de los 10 nano segu ndos (n/seg).
Estos dispositivos son muy utilizados en instrumentos y equipos electrónicos como señalizadores de ciertas condiciones, medidores, indicadores de polaridad y otras.
Actualmente existen led de tres colores en una sola cápsula, verde para tensi ón negativa, rojo para tensión positiva y amarillo para corriente alterna.
Otras aplicaciones importantes del led es en display de calculadoras, indicadores alfanuméricos, relojes, radios, etc. También se aplica en pantallas planas de televisión en reemplazo del trc (b/n).

Utilización de los diodos led´s.-

Los diodos emisores de luz son utilizados en polarización directa y su curva de características es muy semejante a la del diodo zener; esto es, una baja corriente inicial seguida de un rápido aumento de la misma.
La tensión limite de los diodos led es, en términos generales, de 3v / 50mA.

Operación en corriente contínua.-

Para asegurar a los led una operación estable y segura, se hace necesario la fijación de una corriente de operación que es fácilmen te conseguida a través del resistor en serie (RV) y una batería, que lógicamente debe ser de una tensión mayor a la de limite del diodo emisor de luz. El cálculo de RV está dado por:

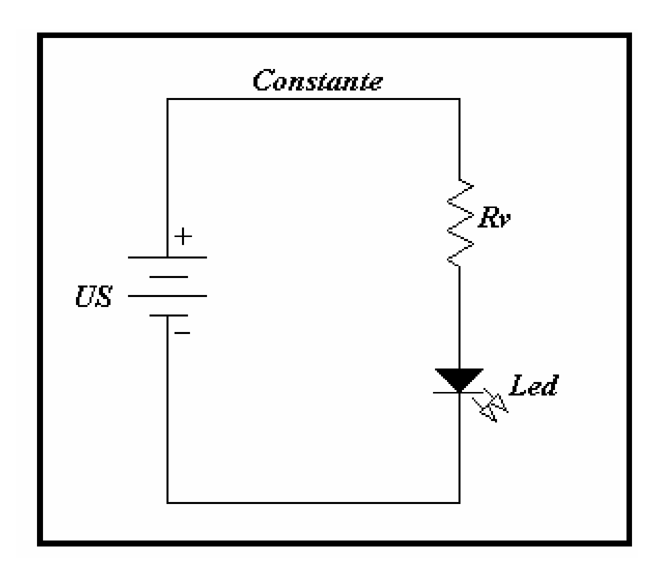
$$RV = \frac{Vcc - VL}{Id}$$

De donde:

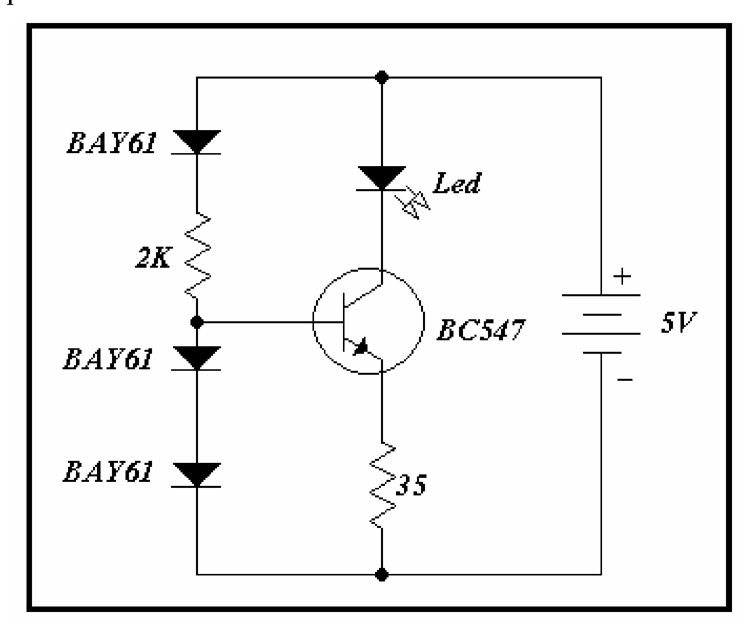
Vcc = Fuente de tensión continúa disponible.

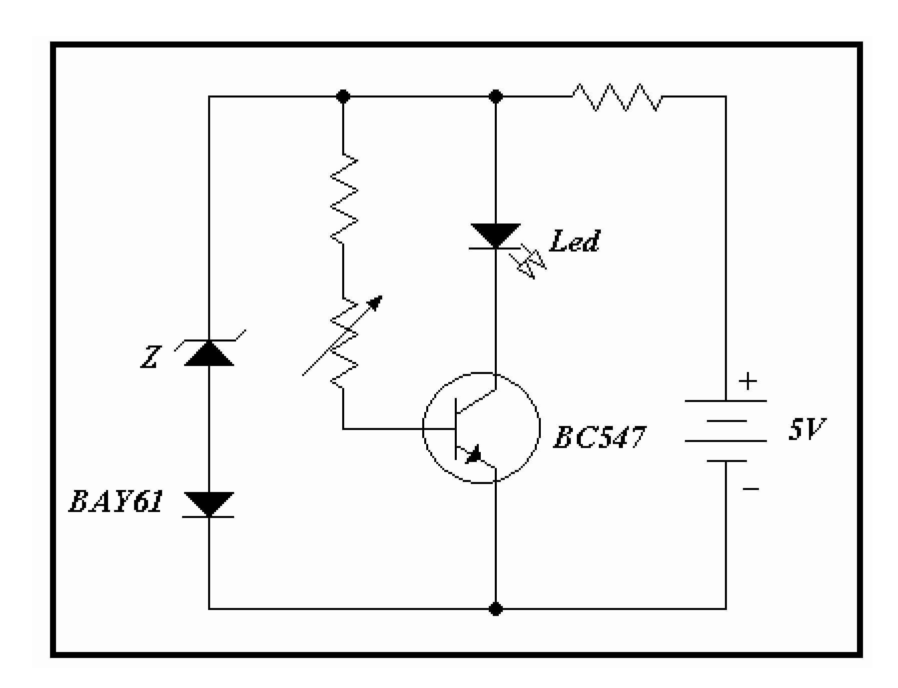
VL = Tensión limite del diodo emisor de luz.

Id = Corriente directa escogida.



En caso de que se desee mayor estabilidad de corriente, se puede emplear las configuraciones que se muestran a continuación:

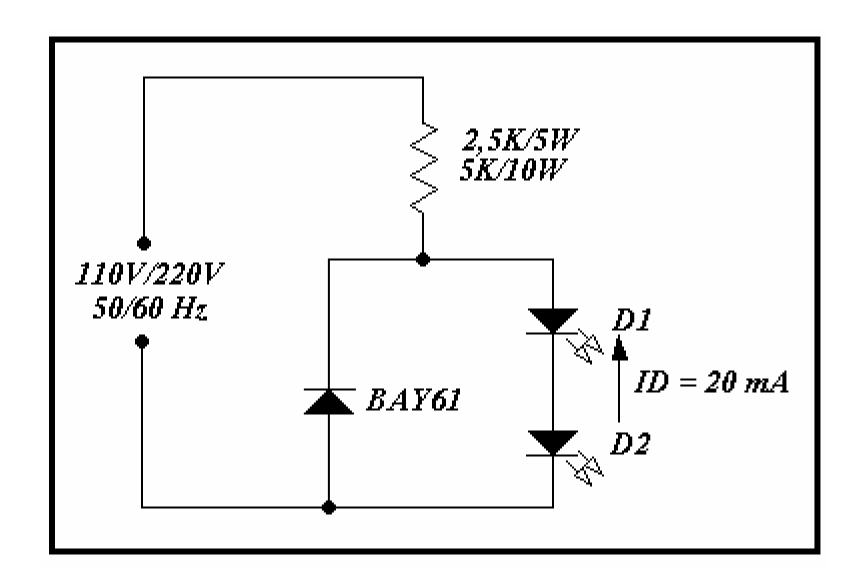


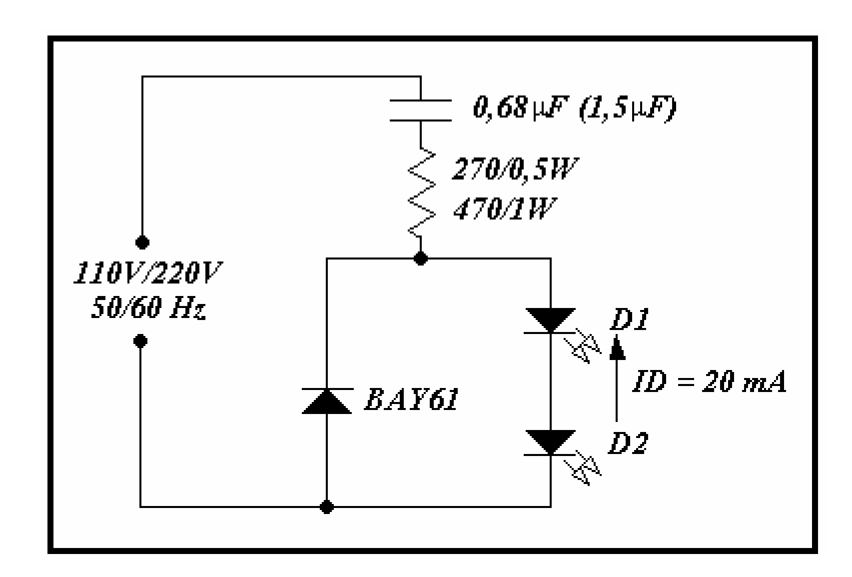


Ambas con sensibles ventajas en relación a la configuración anterior a estas dos, en lo relacionado a disposición de potencia.

Operación en corriente alterna.-

Los diodos led pueden ser también alimentados con corriente alterna en una configuración bastante simple (media onda), empleándose directamente 110 o 220 V.
A continuación se muestran dos configuraciones:

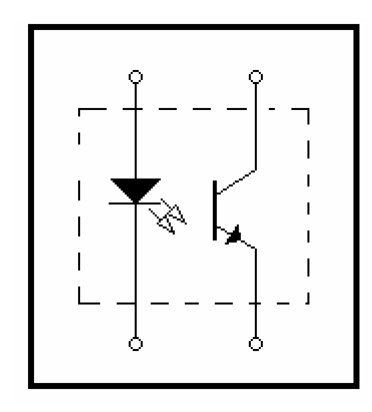




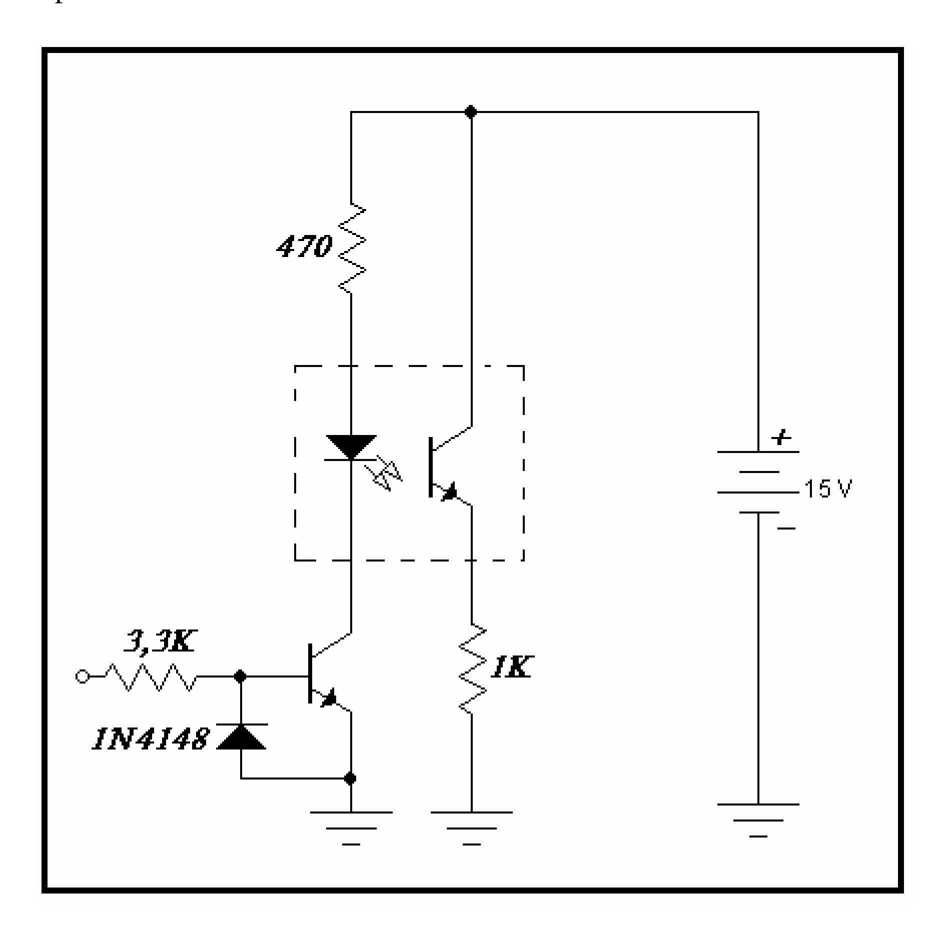
Como se puede observar, la solución más sencilla seria la primera de las dos mostradas, pero en ella está presente un gran inconveniente en cuanto a la disipación de potencia de la resistencia en serie (5W).
Una menor disipación de potencia se puede obtener (0,5W) utilizándose un condensa dor en serie con el resistor. Esto lo muestra la segunda configuración.

f)Dispositivos de acoplamiento óptico.-

Existen dispositivos que incluyen en su interior un diodo emisor de luz (LED) y un fototransistor. En este caso la radiación luminosa incidente sobre el fototransistor es proporcionada por el diodo emisor de luz. Esta disposición permite lograr un perfecto aislamiento eléctrico en los circuitos, lo que es de gran utilidad en dispositivos de control.
La figura siguiente muestra el símbolo de este dispositivo:



La siguiente figura muestra parte de un circuito en donde se utiliza un acoplador óptico para evitar el acoplamiento eléctrico. De esta manera los dos circuitos quedan unidos solo en forma óptica.



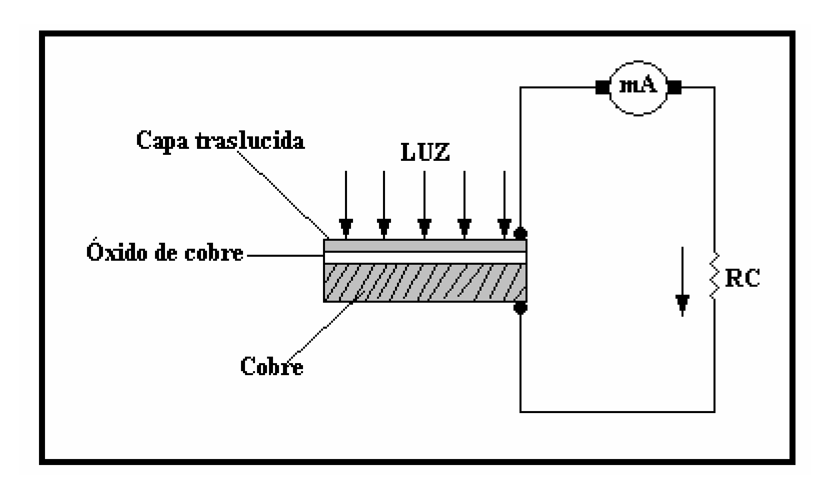
DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS

Estos dispositivos se basan en la propiedad que presentan algunas sustancias, de ser capaces de producir fuerza electromotriz, cuando son excitadas por un flujo luminoso. Estos dispositivos tienen la particularidad, al contrario de l os que hemos estudiado hasta ahora, de transformar la energía luminosa en energía eléctrica, directamente, sin necesitar una fuente de tensión independiente. Entre los materiales semiconductores utilizados en la fabricación de estos dispositivos fotovoltai cos se emplean el selenio y el silicio.
Una de sus aplicaciones más importantes es la conversión directa de energía solar a energía eléctrica. A una batería de fotopilas montada sobre paneles y expuesta a la luz solar, se le da generalmente el nombre de ba terías solares. Estas baterías solares han sido la fuente de energía en multiples aplicaciones de conversión en los viajes espaciales.

a)Células fotovoltaicas de selenio.-

Uno de los modelos de fotopilas u tilizados, es el que esta formado por una capa de selenio depositada sobre una placa metálica (por ejemplo hierro) y

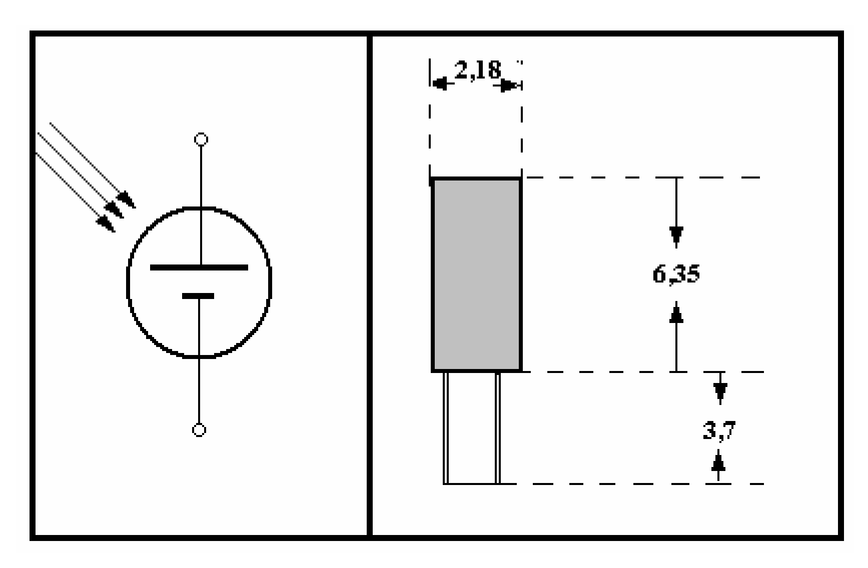
una muy delgada película de oro, prácticamente transparente, depositada sobre el selenio. Un electrodo se conecta a la base metálica y otro a la película. El funcionamiento de este fotoelemento de selenio tiene lugar del siguiente modo: Entre el selenio y la película de oro se forma una barrera de potencial. Al incidir la luz sobre el selenio a través de esta delgada película de oro, se forman en el selenio pares electrón – hueco. Los electrones atraviesan la barrera de potencial y llegan a la película transparente, la que alcanza un potencial negativo respecto a la base metálica. De este modo aparece una diferencia de potencial entre la película de oro y la base metálica, siendo la primera el polo negativo y la placa metálica el polo positivo.
Otra célula utilizada es la constituida por cobre y óxido de cobre. Esta se forma depositando una capa de óxido de cobre sobre una base de cobre: sobre la capa de óxido de cobre se distribuye uniformemente una capa traslucida de metal depositado catódicamente; las polaridades son las indicadas en la figura siguiente:



<u>Célula fotovoltaica de óxido de cobre sobre una lámina de cobre.</u>

Al variar la iluminación, la fuerza electromotriz producida varía, en vacío o con elevada resistencia externa, según una ley logarítmica, y linealmente si la resistencia externa es muy pequeña. Existen aplicaciones de las fotopilas en las que dichas propiedades so n necesarias; por ejemplo, la primera en los exposímetros de las máquinas fotográficas, que conectada directamente a un microamperímetro produce una desviación de la aguja indicadora en función de la luz recibida, sin necesidad de alimentación auxiliar.
La segunda aplicación la encontramos en los luxómetros (aparatos destinados a medir niveles de iluminación), los cuales están formados por un microamperímetro conectado en serie con una fotopila. La desviación de la aguja es función de la iluminación de la superficie sensible de la célula fotovoltaica.
Estos aparatos son ampliamente usados para tomas de escenas cinematográficas y TV, en donde se desea un nivel adecuado de iluminación.
Las fotopilas se pueden conectar en serie, en paralelo o en conexión mixta (serie paralelo), para formar baterías con potencia de salida apreciable.
La curva de respuesta espectral es muy similar a la del ojo humano, pero la sensibilidad disminuye después de un largo período de funcionamiento. Existen también otros modelos

de fotopilas de silicio mucho más importantes que las anteriores para la conversión de la luz solar en energía eléctrica.
Las células fotovoltaicas poseen en general una inercia luminosa bastante importante y por lo tanto no son utilizables para velocidades de conmutación elevadas.
Cuando se utilizan fotopilas, sobre todo de selenio, conviene tener presente dos precauciones; la primera es no someterlas a un flujo luminoso excesivamente elevado; y la segunda, no exponerlas a temperaturas altas.
Cuando la célula fotovoltaica esta fuertemente iluminada, es preferible ponerla en cortocircuito a dejarla en circuito abierto.
El símbolo utilizado para representar una célula fotovoltaica está indicado en la siguiente figura:

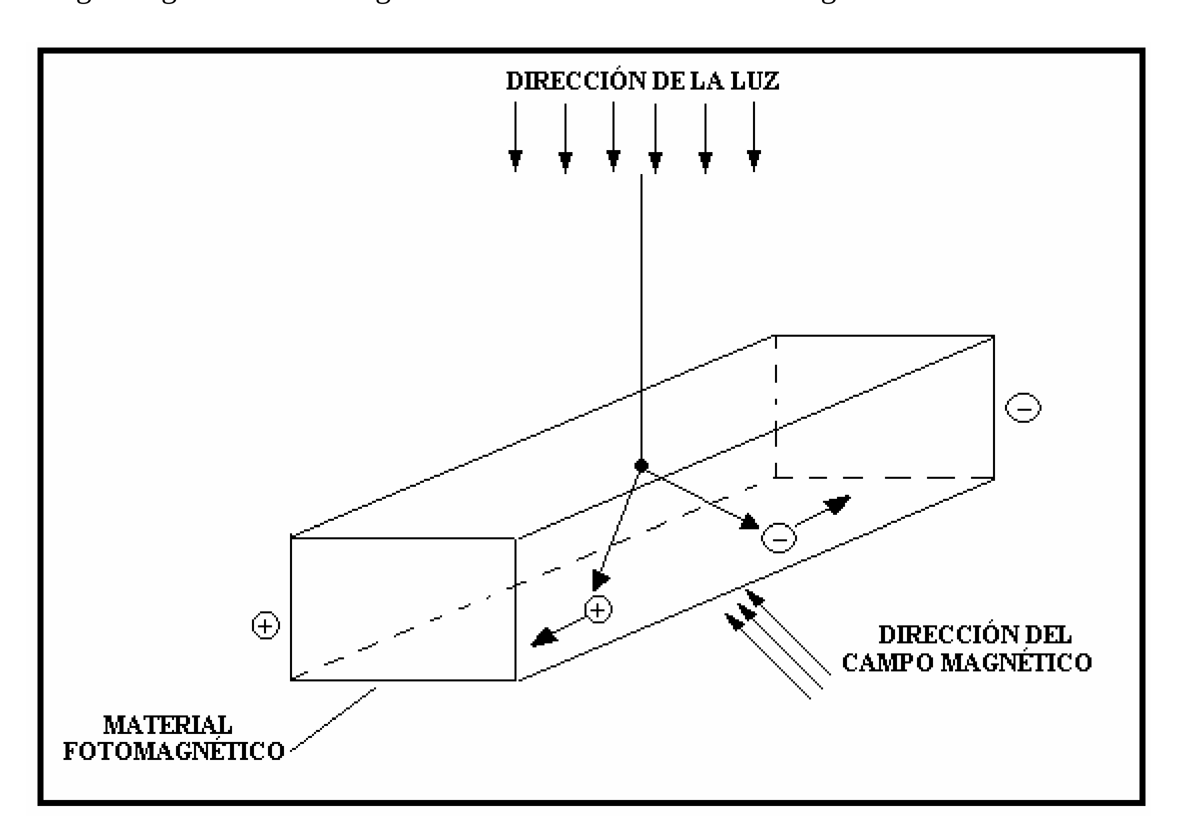


Símbolo y dimensiones físicas de una célula fotovoltaica.

DISPOSITIVOS FOTOMAGNÉTICOS

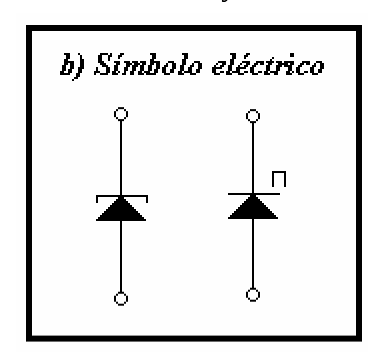
Estos dispositivos hace uso del efecto fotomagnético, el cual consiste en lo siguiente:
Si se ilumina una placa de material semiconductor por medio de un haz luminoso, cuya dirección sea perpendicular a una de las caras de la placa, estando esta situada en un campo magnético de dirección paralela a la superficie iluminada, se produce una diferencia de potencial entre los extremos de la placa en una dirección tal, que forma ángulos rectos con la dirección de la luz y con la del campo magnético. Esta diferencia de potencial o tensión recibe el nombre de " tensión fotomagnética".
El fenómeno así producido se debe a que la luz incidente provoca la formación de pares electrón – hueco en la superficie iluminada, y los portadores de carga móvil así creados se difunden por el interior del material semiconductor. Durante su recorrido los electrones y huecos son desviados en direcciones opuestas por el campo magnético (ver figura siguiente) obteniéndose como resultado que las cargas positivas se acumulen en un extremo de la placa y las negativas en el otro, produciéndose la tensión fotomagnética.

La tensión así generada es proporcional a la cantidad de radiación luminosa incidente y a la intensidad del campo magnético.
Entre los materiales semiconductores fotomagnéticos se cuentan: el óxido de cobre, el germanio, el sulfuro de plomo y el antimoniuro de indio.
La figura siguiente es un diagrama ilustrativo del efecto fotomagnético.



EL DIODO TUNEL

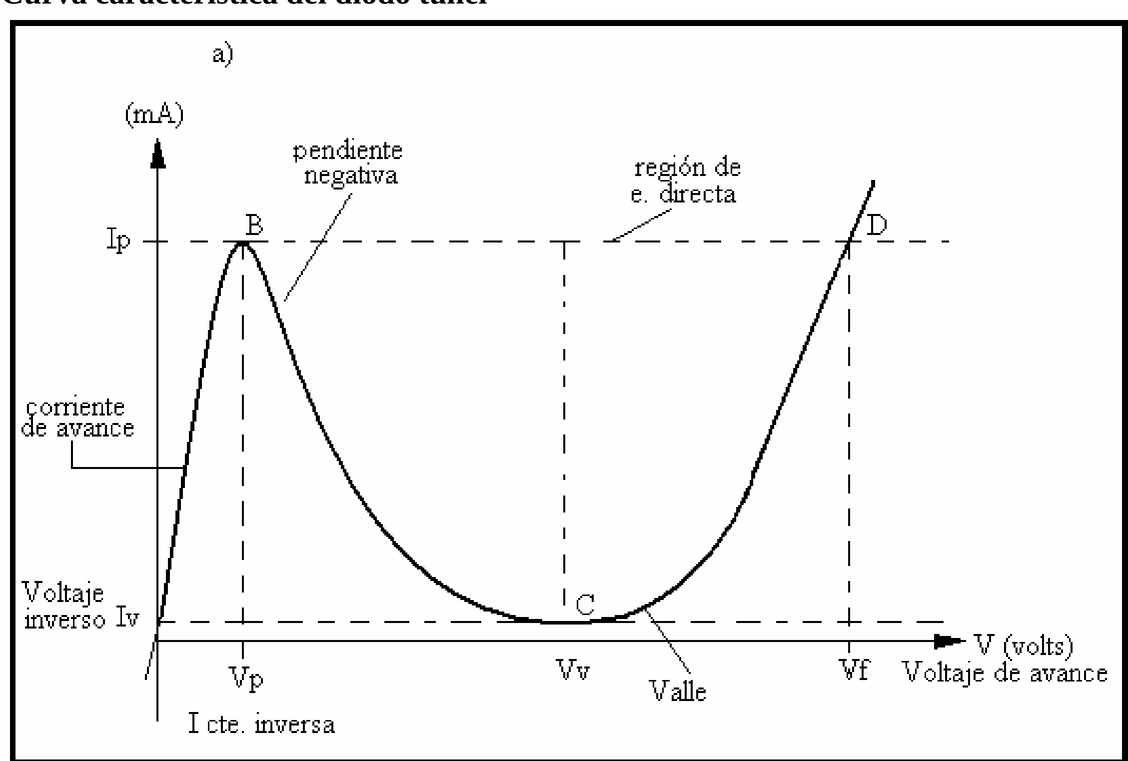
El dispositivo más interesante de los semiconductores de juntura que se ha presentado en los últimos años es el diodo túnel, el cual permite elevar la frecuencia de operaciones de los semiconductores a la región de las microondas, del orden de varios miles de MHz o Gi gaHz hasta 2,5 x 10^9, y fue inventado por el científico Leo Esaki.



El diodo túnel, como el transistor de juntura única, tiene características de resistencia negativa, es decir, disminución de la corriente con el aumento del voltaje, que lo hace útil como oscilador de alta frecuencia y amplificador. El pequeño y eficaz diodo túnel, también tiene grandes ventajas en aplicaciones de interrupción tales como computadoras electrónicas, ya que puede conectar en unas cuantas millonésimas de segundo (10^{-9}). Aún cuando el diodo tunel comparte las características de resistencia negativa con el transistor de juntura única, sus principales operaciones son completamente diferentes.

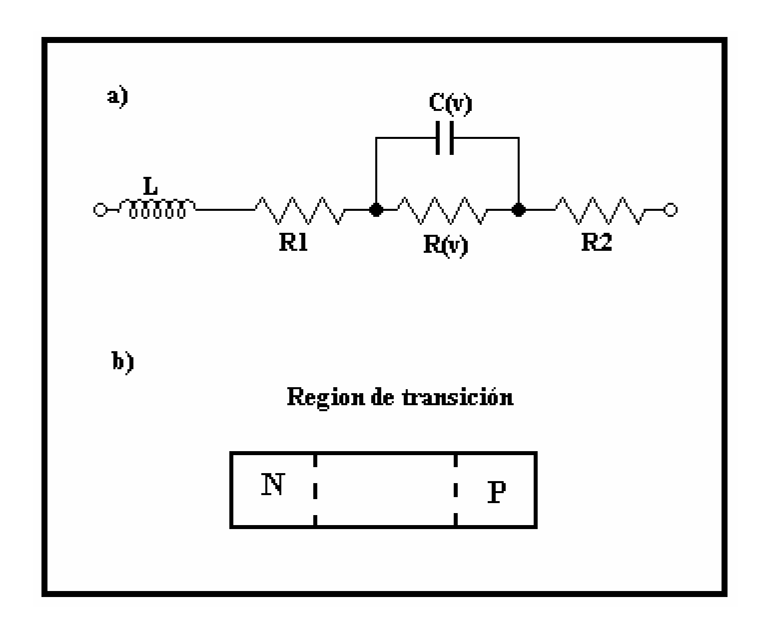
El aumento de capacidad de alta frecuencia de interrupción del diodo túnel, se logra gra cias a una juntura altamente conductora y extremadamente angosta de germanio tipo P y N, o algún otro tipo de cristal como el arsenurio de galio. Debido a esta juntura extremadamente angosta, los electrones son capaces de viajar en un túnel de un lado de l a juntura al otro, aunque no tenga energía suficiente para pasar la barrera de potencial que siempre se encuentra en esta juntura. Puede concebirse este efecto de tunel en función de una bola de billar que nada sobre la mesa aunque casi no haya sido empuja da y no tenga o no deba tener la energía necesaria para hacerlo. Ni el sentido común, ni la física clásica pueden explicar esta situación sorprendente. La física cuantica lo explica como tuneles de la mecánica de los cuantos. El efecto cuantico es un fenóm eno por el cual la energía puede crear el desplazamiento de una carga en un instante determinado cuando se almacena paulatinamente la energía sin crear desplazamiento en el primer instante.
Las impurezas en un cristal crean un movimiento de cargas eléctric as internamente, llamado corriente intrinsica, la cual es producida por electrones libres o lagunas.

Curva característica del diodo tunel



Lo que ocurre desde el punto de vista práctico aparente, de las características de un diodo de cristal convencional para fines de comparación (ver figura anterior), cuando se aplica un voltaje de polarización inverso negativo al ánodo de un diodo de cristal, este no conduce, en tanto que un diodo túnel, por contraste, conduce a bajos valores de un voltaje de ánodo aplicados al diodo túnel (voltaje positivo de avance = 300 mV), pasa una corriente considerable que llega a un peak para un valor de potencia bajo, de corte de potencia,

comenzando a conducir. Al aumentar el potencial de polarización directa, la corriente directa del diodo túnel comienza a disminuir nuevamente, llegando a un mínimo o punto de valle para un punto de corte Vv, esta disminución de la corriente de túnel del diodo. Esta característica de resistencia negativa permite que el diodo túnel se use como a mplificador, oscilador o interruptor de compuerta, flip flop en computadoras, generadores de radio frecuencia, etc. Cuando se aumente aún más el voltaje de polarización de avance del ánodo, adelante del punto de valle, cesa el efecto túnel y la corriente a umenta de una manera similar a la de un diodo convencional.



Punto de funcionamiento.-

Estableciendo la polarización en el centro de la posición lineal sobre la pendiente de resistencia negativa punto, se puede obtener la mayor excursión de señal de ondas senoidales con voltajes de los mV.

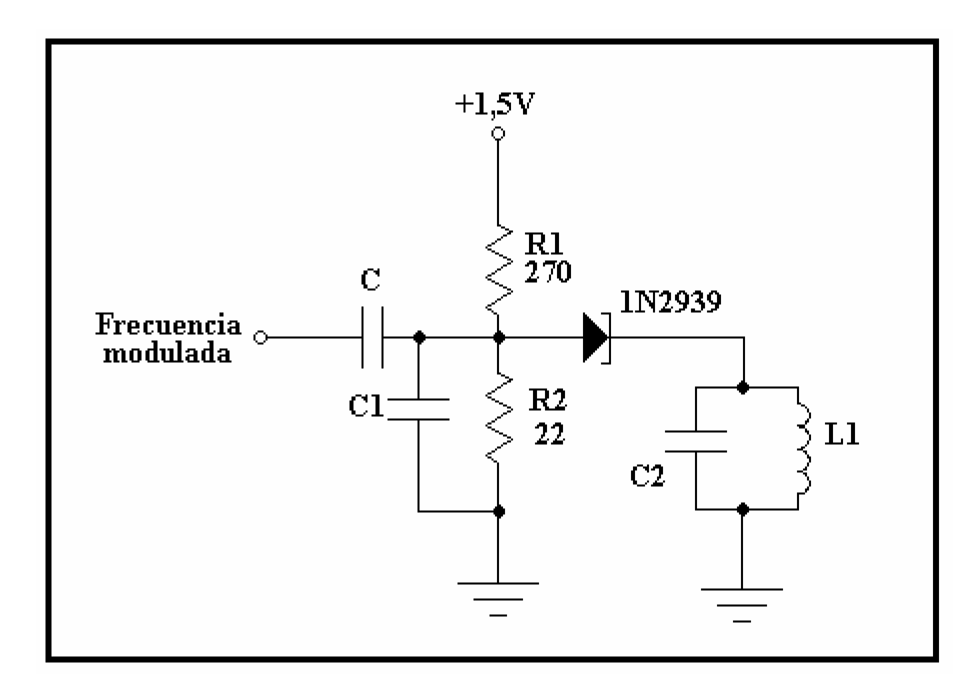
Consideraciones térmicas y sobre la radiación. -

Una de las características del diodo túnel es su resistencia a la radiación nuclear. Los resultados experimentados han demostrado que los diodos túnel son por lo menos 10 veces más resistentes a la radiación que los transistores.
Puesto que la resistividad de los diodos túnel es inicialmente tan reduc ida que no son afectados en forma critica por la radiación hasta que se haya aplicado grandes dosis. Además, los diodos túnel son menos afectados por la radiación ionizante, debido a que son relativamente insensibles a los cambios superficiales derivados p or ellos.
En general, la característica de tensión y de corriente del diodo túnel es relativamente independiente respecto a la temperatura de los diferentes componentes del circuito. En tales casos puede requerirse la realimentación negativa o compensación directa en el circuito.

Resumen:

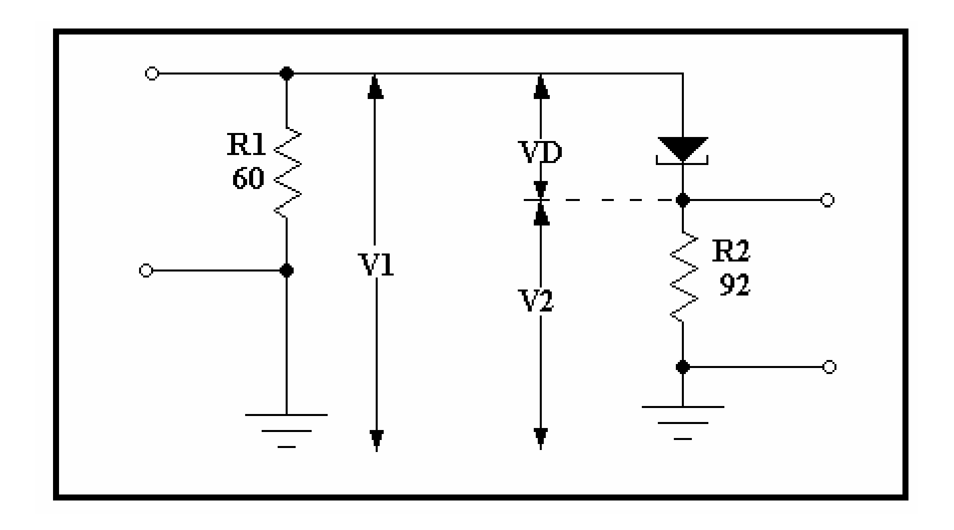
- El diodo túnel presenta resistencia negativa.
- Tiene característica muy eficaz como rectificador, puesto que puede trabajar con tensiones de señal más reducidas que los rectificadores comunes.
- La corriente peak para un rectificador túnel es menor que 1 mA.
- En el rectificador túnel hay apreciable circulación de corriente inversa, aun para tensiones muy reducidas, mientras que la corriente directa es relativamente pequeña.
- Por las razones anteriores estos rectificadores reciben el nombre de diodos inversos.
- Efecto cuantico que crea un desplazamiento de una carga en un instante determinado.
- Cuando el diodo túnel se polariza en forma inversa, su tensión es mucho mayor, en el orden de los mV (300 mV).
- Cuando la tensión aumenta, la intensidad de corriente disminuye.
- Las características de resistencia negativa del diodo permiten que se use en amplificadores, osciladores, generadores de radiofrecuencia, interruptores de compuerta, etc.
- Las impurezas en un cristal crean un movimiento de cargas eléctricas internamente, llamadas corrientes intrinsicas y son producidas por los electrones y lagunas.
- El diodo tunel es 10 veces más resistente a la radiación nuclear que los transistores.
- Pueden trabajar con realimentación negativa o compensación directa en los circuitos.
- Tiene muy buena relación señal – ruido (3 dB aprox.).
- La respuesta a frecuencias puede llegar hasta 2,5 Giga Hertz.

Oscilador sinusoidal con diodo túnel

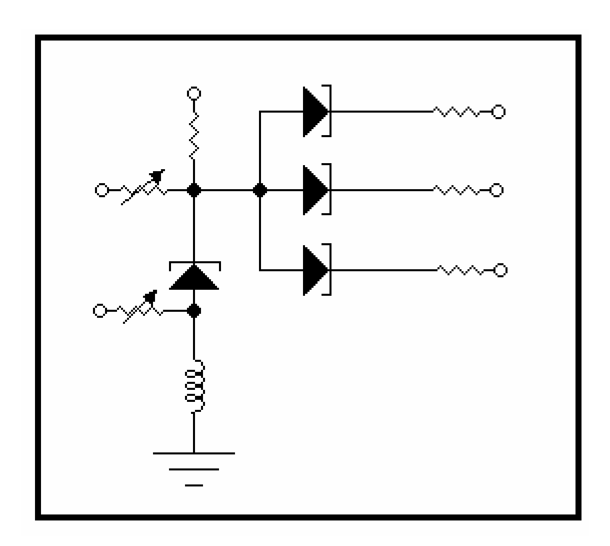


En la figura anterior se ilustra un oscilador de 100 MHz que emplea el diodo túnel como elemento activo. El divisor de tensión R1 y R2 sirven para limitar la corriente a través del diodo y fijar su punto de operación. Además, es posible introducir una tensión de audiofrecuencia en el punto A, con lo cual se obtiene una oscilación modulada en frecuencia, ya que el valor de la resistencia negativa del diodo variará y ella tiene influencia sobre la frecuencia de oscilación del circuito.
Al emplear los diodos túnel como amplificadores a frecuencias elevadas, debe tenerse cuidado con la estabilidad del amplificador, la cual puede verse afectada por alteración de las características del circuito o del diodo, y el amplificador puede volverse inestable y oscilar.

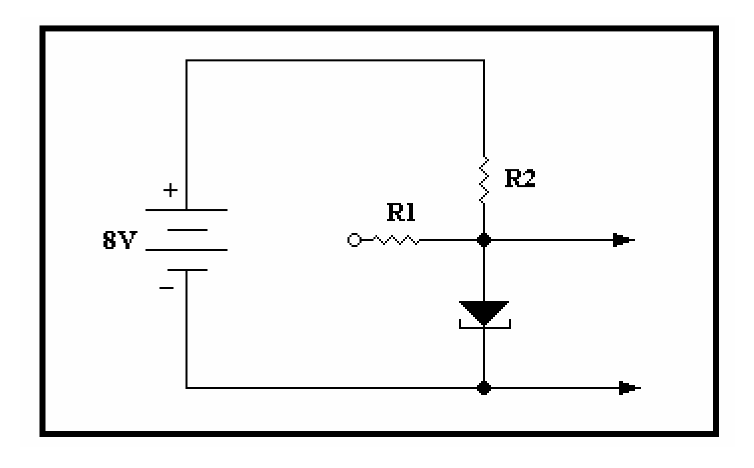
a)Amplificador túnel.



b)Rectificador túnel.

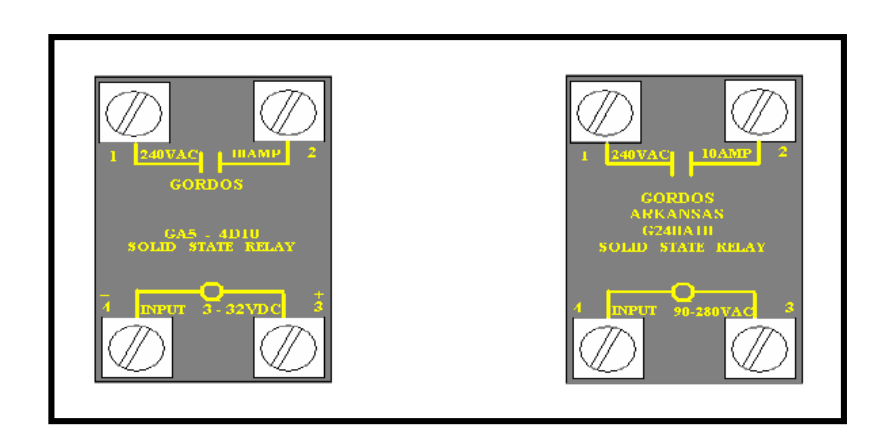


c)Conmutador con diodo túnel.



RELÉ DE ESTADO SOLIDO (SOLID STATE RELAY = SSR)

Actualmente, la gran mayoría de los equipos de control electrónicos que llegan al país contienen relés de estado sólido (SSR).



Introducción al relé de estado sólido.-

Hace pocos años, la industria del semiconductor introdujo los avances tecnológicos que hicieron posible la fabricación d el relé de estado sólido o SSR.

Lo primero fue la creación de tiristores a base de vidrio pasivo y lo segundo, fue la creación de acopladores ópticos de muy bajo costo.

El desarrollo del tiristor de vidrio pasivo permitió construir una serie de contactos para el SSR dentro de un trozo de cerámica aislante, logrando disminuir tamaño físico y costos. Tradicionalmente, en los circuitos electrónicos, el uso de transformadores hacia posible el aislamiento eléctrico, pero el desarrollo del fotoaislante (opto aco plador o aislante óptico) permitió una aislamiento eléctrica complementaria con los otros componentes del circuito de estado sólido.

A continuación se señalan algunas ventajas que ofrecen los SSR sobre los relés electromecánicos:

- Los SSR no poseen compone ntes electromagnéticos, por lo tanto, carecen de acoplamiento magnético, es decir, son libres del ruido que se transmite desde el circuito de poder hacia el circuito de señal.

- La confiabilidad a largo plazo de los relé de estado sólido sobrepasa largament e a los relés electromecánicos, ya que en los SSR no existen partes que se desgasten. Un típico relé mecánico de AC (corriente alterna) tiene una vida útil de 1000.000 de operaciones cuando es utilizado en condiciones de carga nominal. Si la aplicación requiere que el relé sea operado cada 10 segundos, el nivel de vida del relé mecánico sería alrededor de 4 meses. En cambio, el SSR, por carecer de contactos móviles posee una vida útil de muchos años.

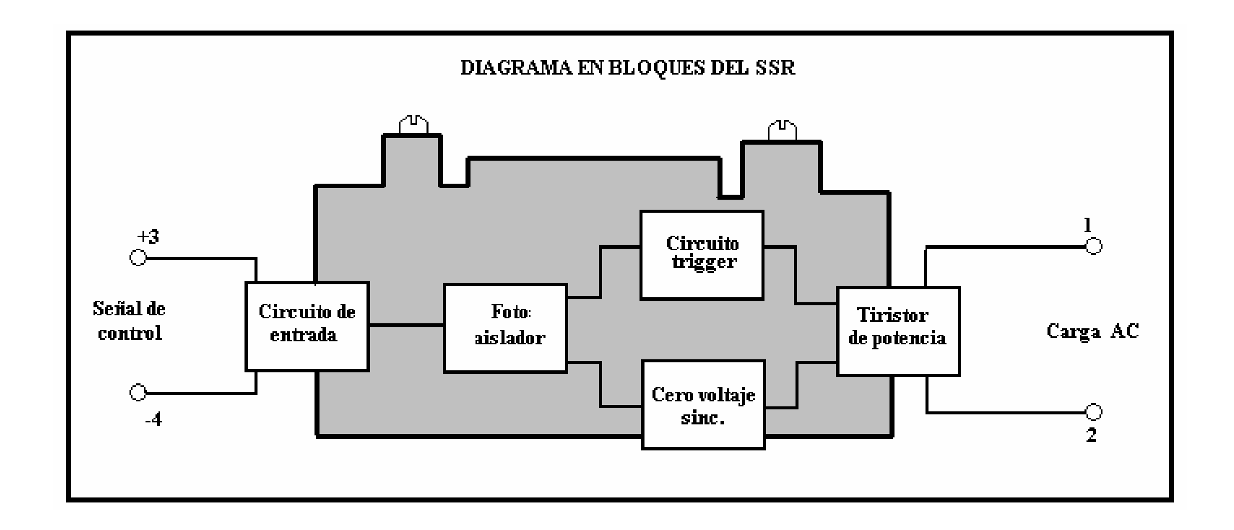
- El SSR trae incorporada la partida y parada de cero volt aje (Zero volt switching), eliminando por completo el trasiente generado al energizarlos, no siendo así con los relés electromecánicos. Además, el encendido de cero voltaje aumenta la vida útil de lámparas incandescentes (ampolletas).

- Los requerimientos de corriente para el SSR de entrada DC (corriente continúa) son lo suficientemente bajos como para ser compatibles con TTL, DTL, CMOS y otras familias de circuitos lógicos integrados. Con los relé de estado sólido es posible controlar cargas de hasta 45 (A) directamente desde un computador u otra configuración de circuito integrado.

- Para cargas con bajo factor de potencia, la mayoría de los relés electromecánicos deben ser sobredimensionados para mantener la vida útil del contacto.. Con los relés de estado sólido como elementos de control de poder no se requiere sobrecapacidad y son igualmente seguros en cargas inductivas y resistivas.

- Los SSR son de una construcción sólida en la cual se usan en su totalidad componentes de estado sólido. Esto provee un bloc k compacto que no produce arcos peligrosos, pudiendo operar en ambientes explosivos y de altas vibraciones, donde los relés electromecánicos y, aún los relés híbridos, no pueden ser usados.

- La ausencia de componentes móviles en los SSR proporcionan una op eración silenciosa. Este factor tiene gran importancia en equipos que contienen relés y son usados en lugares como laboratorios u oficinas. Hasta el momento hemos visto algunas características de los SSR. A continuación se muestra un relé de estado sólido típico.



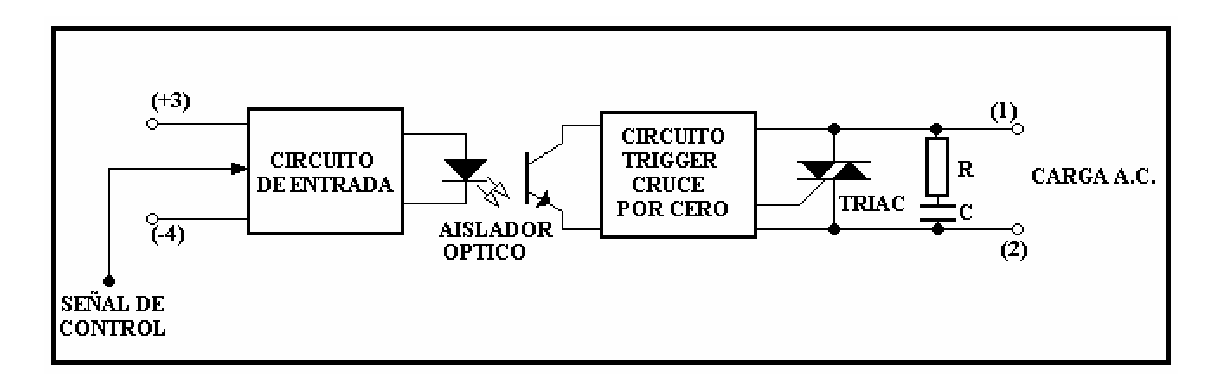
Los relés de estado sólido se clasifican en dos grandes grupos:

a)Relé de estado sólido para cargas AC.

b)Relé de estado sólido para cargas DC.

Relé de estado sólido para cargas AC.-

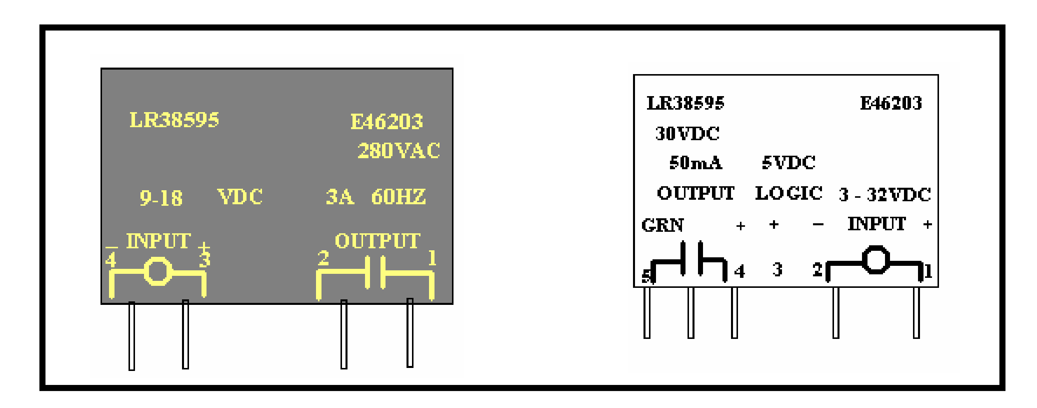
La siguiente figura muestra el circuito eléctrico con los elementos básicos de un SSR con triac, donde los terminales 1 y 2 corresponden a la salida y los terminales +3 y -4 son de entrada.
Con respecto a los terminales +3 y -4, es decir, los terminales de entrada, en ellos se aplica la señal de control .



Esta señal de control puede ser de dos tipos:

- Control AC.
- Control DC.

Esto se muestra en la figura siguiente:



A continuación se analizan cada uno de los elementos de un relé de estad o sólido:

a)Circuito de entrada.-

El circuito de entrada es diferente para señales de control DC y AC. Los modelos DC tienen una resistencia para limitar la corriente a través del diodo led y un diodo de silicio conectado en paralelo inverso para proteger al led contra las polaridades inversas.

Los modelos AC contienen resistencias, puente rectificador y un condensador como filtro para entregar voltaje DC al led, para cualquiera de las polaridades de entrada.

b)Aislador óptico.-

Un buen SSR utiliza un led con fototransistor como aislador óptico, sin embargo, algunas compañias productoras de SSR usan fotoceldas y un led en vez de optoacoplador, lo cual es malo, puesto que el encendido y apagado de una fotocélula resulta extremadamente lento, lo que implica una conmutación aleatoria en la curva del voltaje que a su vez, generaría interferencia EMI (Electromagnetic Interference.).

Los SSR emplean aislamiento opto-electrónico entre los terminales de entrada y salida, y proveen aislamiento cerámica entre los terminales y la base o carcaza. Este montaje permite garantizar aislaciones eléctricas de hasta 2500 volt entre los terminales o entre cualquier terminal y la carcaza del relé.

Hay fabricantes de SSR que tienen una gran variedad de relés con aislaciones de hasta 4000 volts.

c)Tiristor de potencia.-

Los contactos del SSR carecen de partes móviles ya que se conectan por medios electrónicos.

La corriente de carga puede ser controlada por un par antiparalelo de SCR o por un triac.

Los SSR existen con rangos de corriente hasta 45 (A) con voltajes operacionales nominales de 120, 240 y 480 volt alternos (VAC).

Para cargas superiores a 10 (A), un buen SSR usa SCR para permitir una transferencia calórica eficiente, puesto que hay dos puntos de generación de calor.

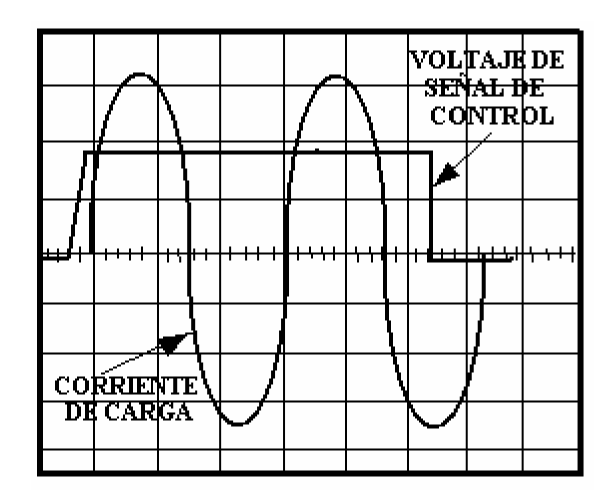
d)Cruce por cero.

El circuito trigger y el sincronismo de voltaje cero varía según el tipo de tiristor que se usa:

- El SSR que usa TRIAC necesita 5 transistores y un SCR.
- El SSR que usa SCR contiene solamente un transistor.

El circuito de cruce por cero se activa cuando el seno del voltaje de entrada pasa por cero.

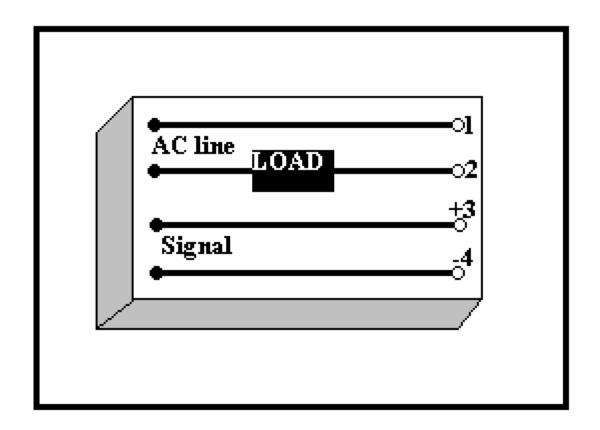
La siguiente curva muestra la operación del SSR cuando una señal de control DC se aplica a los terminales de entrada +3 y -4.



Sin importar cuando fue aplicada la señal de control, no fluye corriente hacia la carga hasta que el voltaje pase por cero. Similarmente, cuando se saca la señal DC la corriente sig ue circulando por la carga (1/2 ciclo máximo), hasta que el voltaje pase por cero, condición en la cual el SSR deja de conducir (abre sus contactos).
Esta combinación de encendido o apagado por sincronismo de voltaje cero elimina totalmente los transientes o interferencias EMI causadas por conexión o desconexión de cargas encontradas en aplicaciones que emplean relés electromagnéticos.

e)Consideraciones especiales.-

Un SSR bien diseñado contiene repulsador o “ SN UBBER”, que consiste básicamente en una resistencia y un condensador en serie conectados a través de los contactos de salida 1 y 2. El circuito repulsador controla la velocidad máxima de cambio de voltaje, el dv/dt, a través del triac o SCR a un limite p ermisible. Como esta condición varía con la temperatura, es necesario elegir los componentes R y C para la máxima temperatura de operación.
El repulsador o “ SNUBBER” se hace indispensable cuando existen cargas inductivas tales como motores, solenoides, transformadores, partidores, etc., para limitar la conmutación dv/dt a una operación estable del triac o SCR.
La mayoría de los SSR vienen con un margen para soportar transientes; estos transientes pueden ser especialmente severos en los rangos de operaci ón de 480 volt y a menudo, el margen de sobrevoltaje de los SSR es inadecuado. Sin embargo, hay SSR que están diseñados para soportar transientes de 2000 volts sin experimentar el menos daño.
Existen, además, SSR para circuitos impresos y estos están di sponibles en una gran variedad de tamaños y formas.
La estandarización en este campo recién ha comenzado, por lo que el usuario debe escoger un SSR para circuito impreso que sea fabricado por más de un fabricante.
En la siguiente figura se muestra el diagr ama de conexiones de un SSR típico.



Especificaciones y características eléctricas. -.

A continuación, en la tabla siguiente se muestran las principales especificaciones eléctricas de los relés de estado sólido marca OPTO 22 para cargas AC. Estas especificaciones se encuentran divididas en dos secciones: Control DC y Control AC.

El rango de voltaje de operación de líneas AC (12 - 140), (24 - 280), (100 - 530) y (100 - 650) en la especificación, describe el rango de voltaje en el cual los contactos o terminales de salida funcionan correctamente. Si se excede el máximo permitido, los contactos pueden asumir una condición " ON " debido a que el sobrevoltaje ocasiona la ruptura del semiconductor (Breakdown), ya sea en el tiristor o en los componentes asociados del circuito de disparo. Voltajes menores que el mínimo necesario puede que no posean energía suficiente para actuar sobre el circuito de disparo.

Tabla de especificaciones eléctricas de un SSR.

CONTROL DC

Modelo Nº	Voltaje AC nominal	Promedio corriente nominal amp.	1 Ciclo (Amps) Peak	Resist. nominal de entrada	Voltaje captor de señal	Voltaje de señal drenada	Estado fuga externa máxima M.A.	Rango de voltaje de operación AC	Primer tiempo promedio t = 8.3 mili-seg.	Voltaje de aislación estándard	θjc Watts	Disipasión W/Amp.
120 D3	120	3	25	1000	3 VDC (32 V allowed)	1 VDC	5 ma	12-140	2.5	2500 V-RMS	11	1.5
120 D5		5	55				9 ma		12.5		3.5	1.5
120 D10		10	110				9 ma		50		1,3	1.6
120 D25		25	260				15 ma		260		1.2	1.3
120 D45		45	650				15 ma		1750		.67	.9
240 D3	240	3	25				5 ma	24-280	2.5		11	1,7
240 D5		5	55				9 ma		12.5		3.5	1.5
240 D10		10	110				9 ma		50		1,3	1.6
240 D25		25	250				15 ma		260		1.2	1,3
240 D45		45	650				15 ma		1750		.67	.9
480 D10-12	480	10	110				8 ma	100-530	50		1,2	2.5
480 D15-12		15	150				8 ma	100-530	90		.65	2.5
575 D15-12	600	15	150				10 ma	100-650	90		.65	2.5

CONTROL AC

Modelo Nº	Voltaje AC nominal	Promedio corriente nominal amp.	1 Ciclo (Amps) Peak	Resist. nominal de entrada	Voltaje captor de señal	Voltaje de señal drenada	Estado fuga externa máxima M.A.	Rango de voltaje de operación AC	Primer tiempo promedio t = 8.3 mili-seg.	Voltaje de aislación estándard	θC Watts	Disipasión W/Amp.
120 A10	120	10	110	33 K	85 VAC (280 allowed)	10 VAC	9 ma	12-140	50		1.3	1.6
120 A25		25	250				15 ma		260		1,2	1.3
120 A45		45	650				15 ma		1750		.67	.9
240 A10	240	10	110				9 ma	24-280	50		1.3	1.6
240 A25		25	250				15 ma		260		1.3	1,3
240 A45		45	650				15 ma		1750		.67	9

Para la gran mayoría de aplicaciones tales como lámparas incandescentes (ampolletas), motores o transformadores, se necesitan altas corrientes para la partida o durante la falla.
Para proteger a los relés de estas condiciones no normales, los fabricantes de SSR proveen tablas para soportar ese tipo de anomalías. Por ejemplo, el relé de 45 amperes (240D45), fabricado por opto 22, puede soportar 134 (A) por un segundo. Esto se muestra en la siguiente tabla.

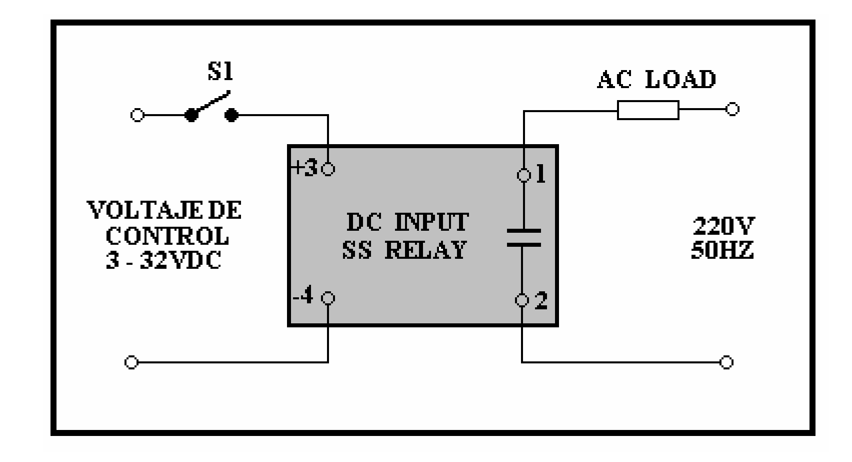
Sobrecargas de los SSR

Time seconds	Time (cycles)*	3 amp. Peak amps.	5 amp. Peak amps.	10 amp. Peak amps.	25 amp. Peak amps.	45 amp. Peak amps.
.017	1	25	55	110	250	650
.050	3	20	43	85	175	420
.100	6	17	35	70	140	320
.200	12	15	30	60	112	245
.500	30	12	25	50	80	175
1	60	10	21	40	67	134
2	120	9.5	19	33	53	119
3	180	8.5	18.5	32	49	98
4	240	8	18	31	47	95
5	300	7.5	17.5	30	45	91
10	600	7	17	28	42	84

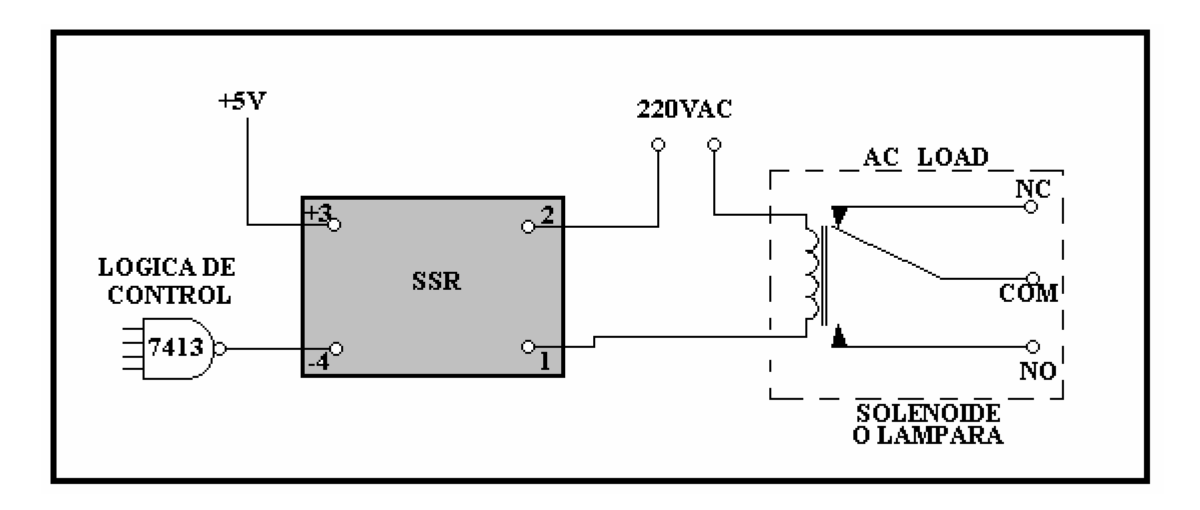
A pesar delo explicado surgen muchas incógnitas, como por ejemplo: ¿Cómo se conecta el SSR?, ¿Puedo conectar la salida del circuito integrado TTL7400 a la entrada de un SSR?, ¿Puede el SSR controlar cargas inductivas?, ¿Puede un SSR enclavarse?, ¿Cuántos contactos posee un SSR?, etc.

Aplicaciones del SSR para cargas AC.-

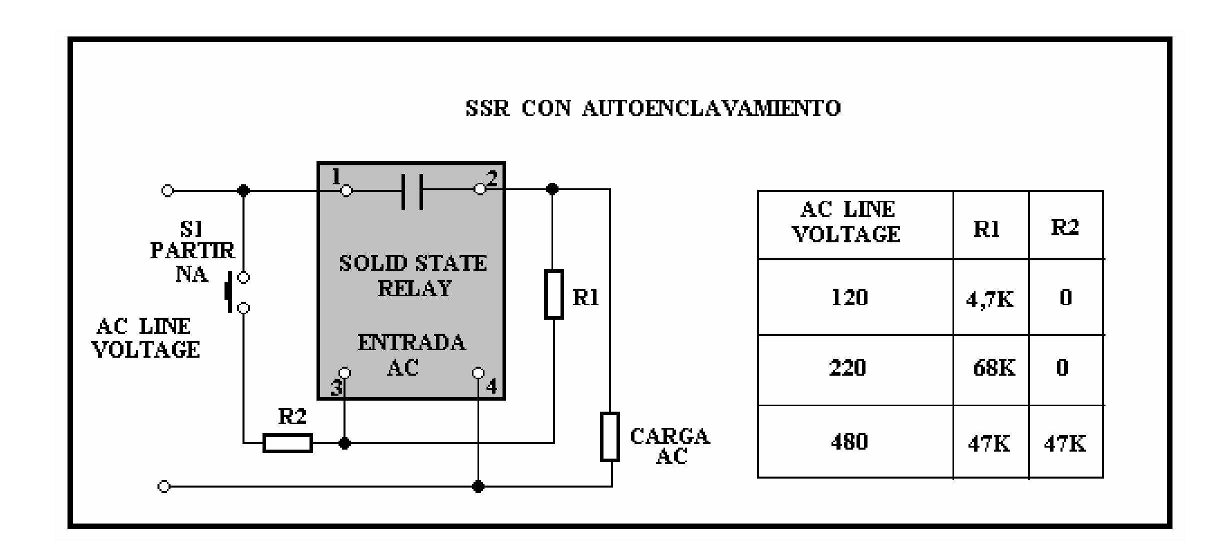
Los relés de estado sólido sirven para una gran variedad de aplicaciones. En muchas de estas aplicaciones el relé es usado como una simple interfase entre una señal de control de bajo voltaje y la línea eléctrica o alimentación de 220 (V). Para este caso de aplicaciones, el SSR se conecta al circuito tal como se muestra en la siguiente figura:



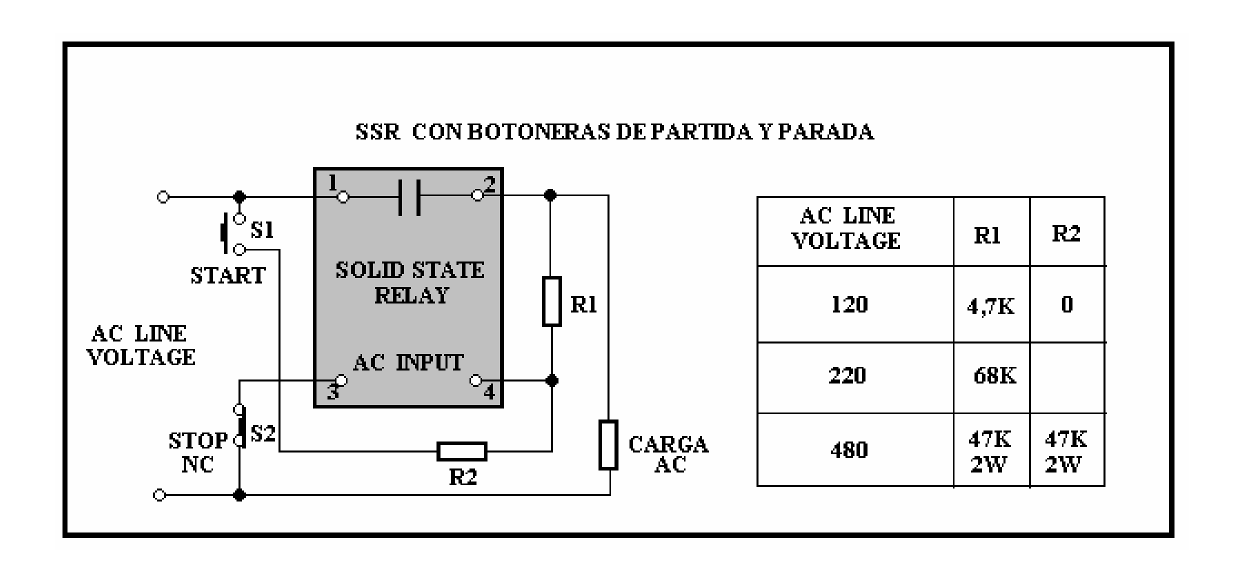
El interruptor S1 de la figura anterior puede ser un switch manual mecánico de baja corriente, un interruptor limite de carrera o un interruptor electrónico, tal como un transistor o la salida de un circuito integrado TTL.
La figura siguiente muestra una compuerta de la serie 7400 conectada a un SSR de entrada DC.



Los circuitos de las siguientes figuras ofrecen la capacidad de autoenclavamiento usando relés de estado sólido OPTO 02 en conjunto con botoneras. Cuando se conecta la ent rada del SSR en paralelo con la carga, la carga provee el voltaje necesario para energizar y luego autoenclavar al relé. La resistencia R1 se usa para limitar la corriente a través de S1. Para poder desenergizar el relé se puso un interruptor momentáneo S2 (NC). Pulsando momentáneamente S2 se interrumpe la corriente que circula por la entrada del relé, desenergizandolo.



AC LINE VOLTAGE	R1	R2
120	4,7K	0
220	68K	0
480	47K	47K



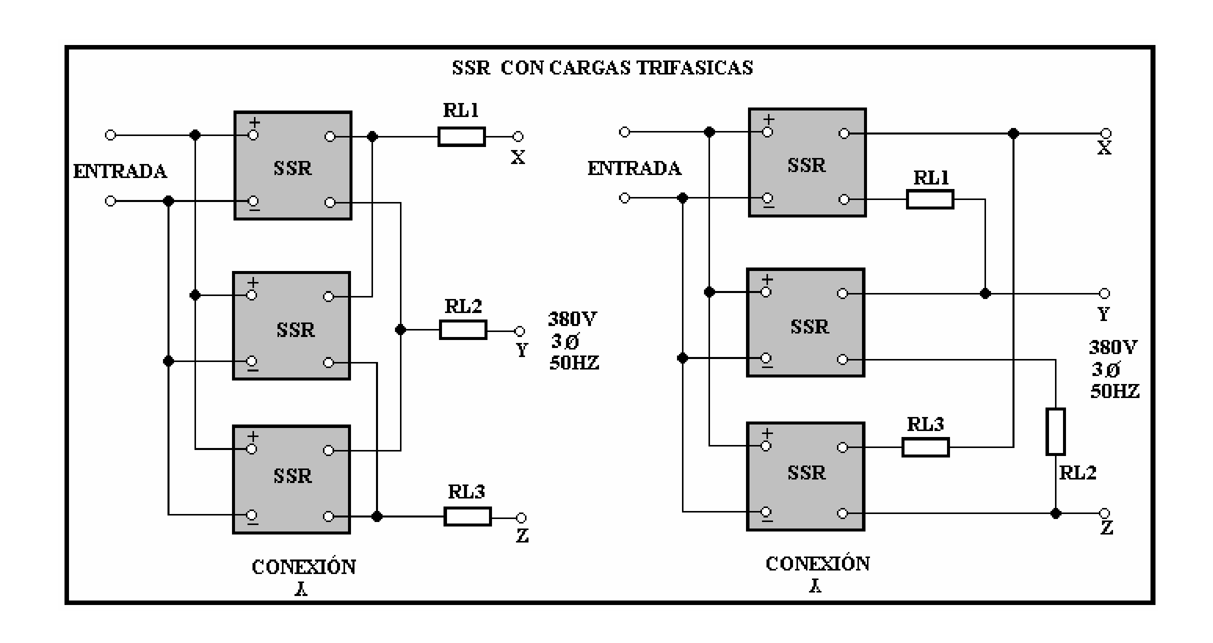
AC LINE VOLTAGE	R1	R2
120	4,7K	0
220	68K	
480	47K 2W	47K 2W

Aplicaciones de los SSR para cargas trifásicas. -

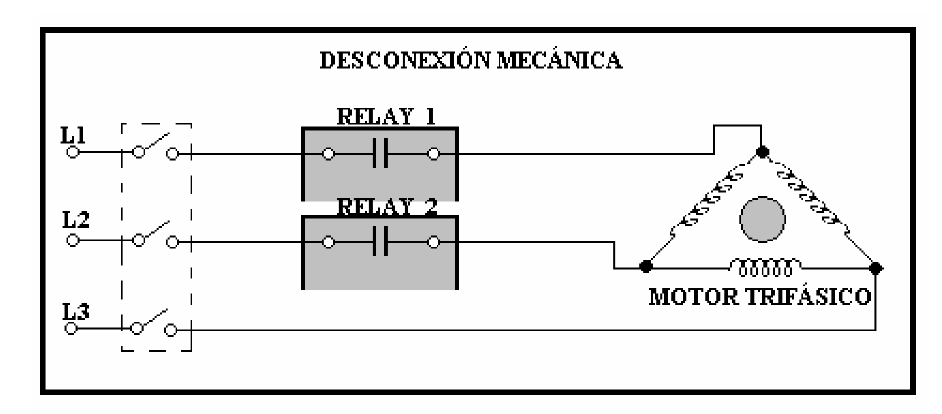
En la si guiente figura se muestra la conexión estrella y triángulo para cargas trifásicas resistivas.

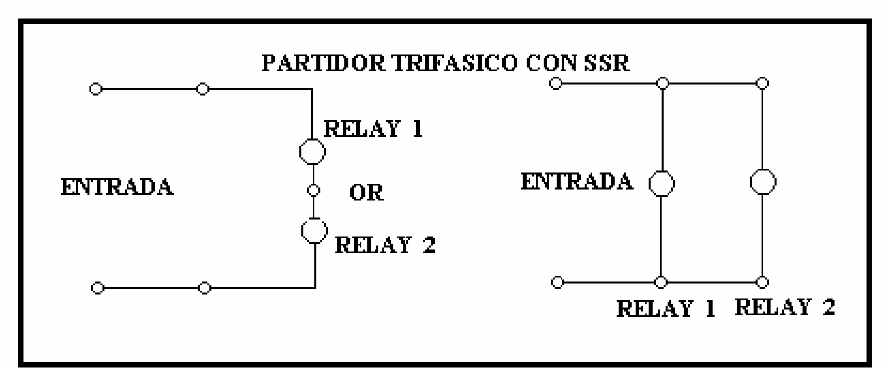
Debido a las fases los relés se cerrarán y abrirán con una diferencia de intervalo de tiempo dentro de medio ciclo.

Debido a la excepcional capacidad de los SSR para controlar cargas inductivas, es frecuente encontrarlos como parte de partidores de motores.



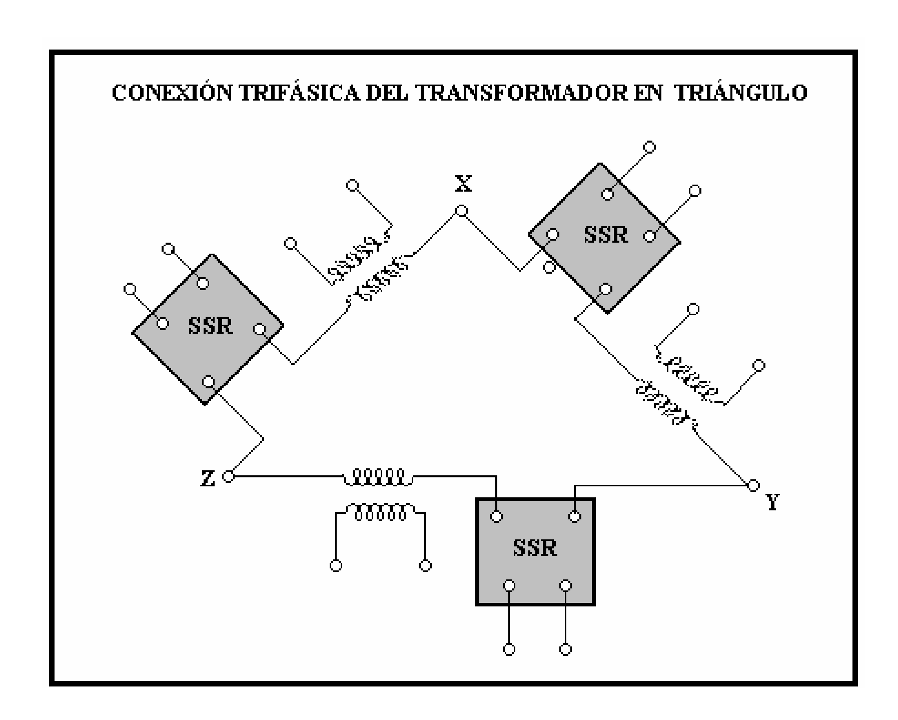
La siguiente figura muestra dos relés de estado sólido siendo utilizados para controlar la partida de un motor trifásico.
La capacidad de amperes del relé depende de la corriente de máximo torque, como también de la corriente nominal del motor.



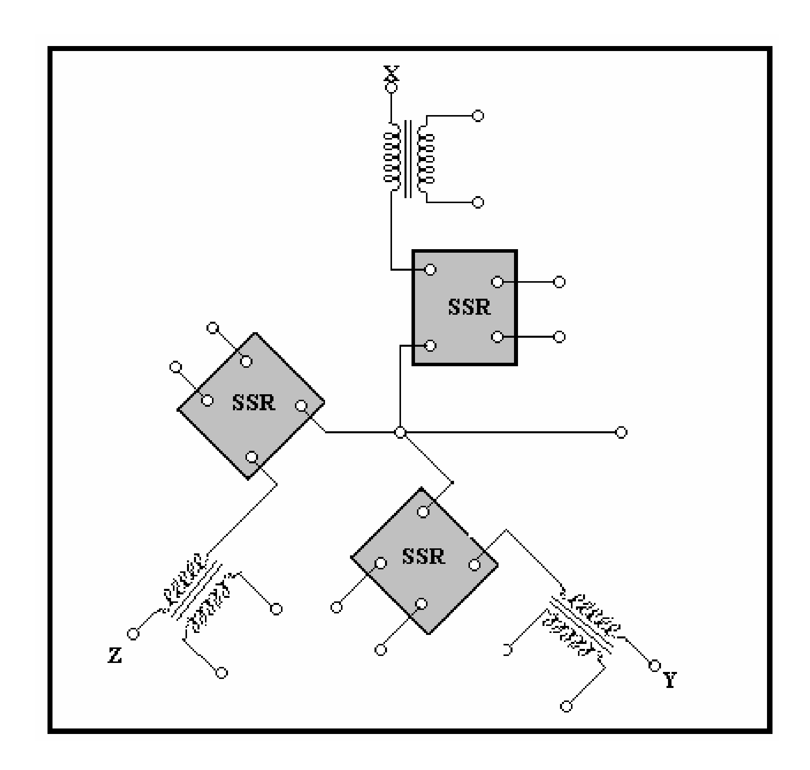


Las características de partida del motor deben ser comparadas con las múltiples curvas de sobrecarga de los relés mostradas en la tabla titulada “ Sobrecargas de los SSR”, para finalmente determinar el relé a usar. Las entradas de los SSR deben conectarse en serie o en paralelo.

Cuando se requiere usar relés de estado sólido para controlar transformadores trifásicos en triángulo, debe conectarse cada bobina del transformador en serie con un SSR, tal como se muestra en la siguiente figura.



Para usar SSR con transformadores trifásicos en estrella, se utiliza el circuito siguiente:

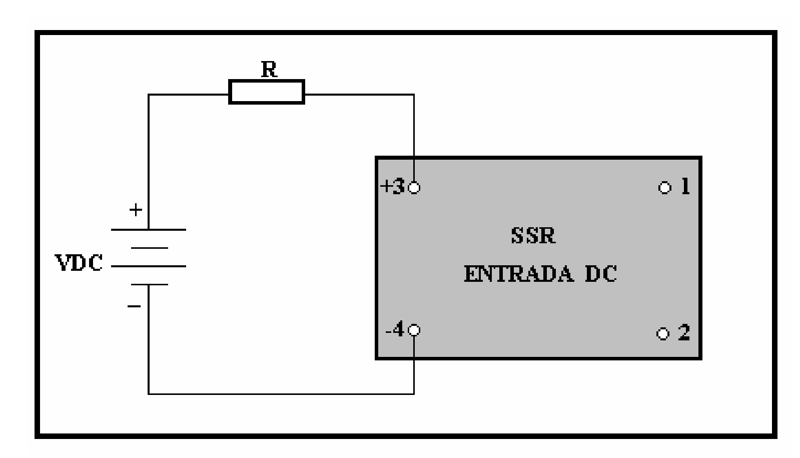


Para control ON - OFF sin la línea común, pueden utilizarse solamente dos SSR, requiriéndose una señal de control continua, tal como se mostró en la figura titulada “partidor trifásico con SSR”, donde las entradas de los relés se conectan en paralelo. Si se desea tener un control por pulsos, hay que elaborar cuidadosamente el circuito de control ya que las fases de corrientes y voltajes pueden interferir con el circuito de disparo.
También, si se cargan las fases con cargas diferentes, el circuito de sincronismo de cero voltaje será variable y el diseño deberá ser minuciosamente probado para asegurar el buen funcionamiento de los SSR.

Consideraciones especiales.-

a)Voltajes superiores a 32VDC:

En algunas aplicaciones, el voltaje de control puede exceder el máximo permisible especoificado por el fabricante. Para estos casos debe agregarse externamente una resistencia en serie con la entrada del SSR, tal como se muestra en la siguiente figura,



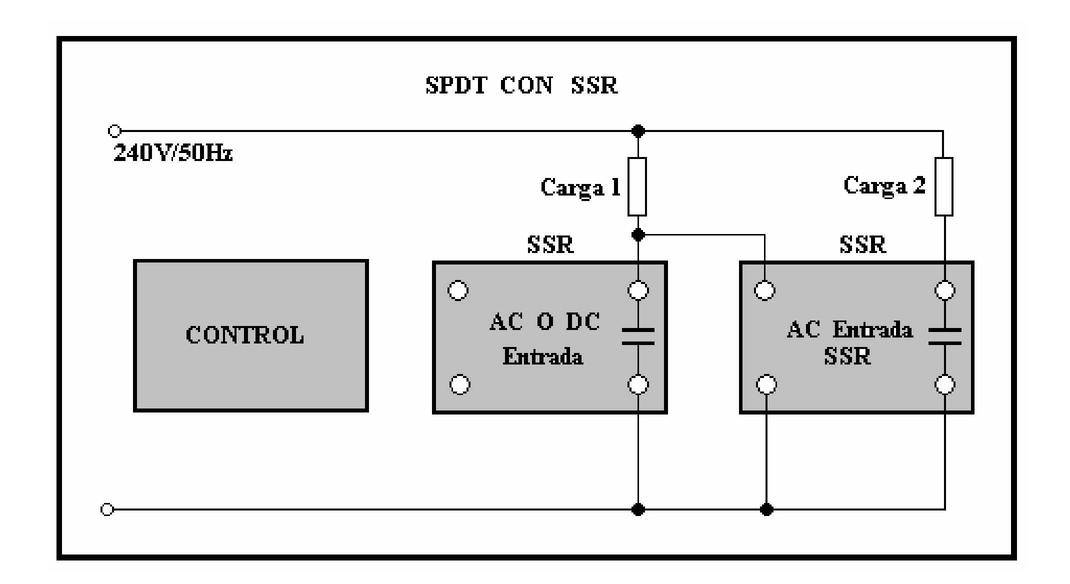
El valor de la resistencia se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

DC entrada Voltaje (VDC)	Relay Usado D = DCentrada A = ACentrada	RESISTENCIA SERIE	
		RESISTENCIA (Kohms)	POTENCIA (Watts)
3 - 32	D	0	0
32 - 80	D	$R = \frac{1{,}6VDC - 40}{1{,}6}$	$\frac{(VDC - 20)^2}{R}$
80 140	0	0	A
> 140	A	$R = \frac{40VDC - 4000}{100}$	$\frac{(VDC - 80)^2}{R}$

b)Diseños especiales:

Hay fabricantes de SSR que ofrecen al mercado relés de estado sólido de diseños especiales, como por ejemplo, relés polarizados conversores de nivel , interruptores SPDT (un polo y dos posiciones), etc.

La figura siguiente muestra una forma de obtener un interruptor SPDT:



El SSR controlando la carga Nº1 puede ser cualquiera con capacidades de voltaje y corrientes necesarias de acuerdo a la corriente de carga y el voltaje de linea. El SSR que controla la carga Nº2 debe ser de entrada AC con su entrada conectada directamente a la salida de los terminales del primer relé, sin componentes adicionales. Para aplicaciones de 480V, una resistencia de 36K/5W deberá conectarse en serie con la entrada del segundo SSR.

Hasta el momento hemos visto solamente aplicaciones de SSR para corriente alterna utilizando tiristores. Veamos ahora como se controla con corriente continua.

RELÉS DE ESTADO SÓLIDO PARA CARGAS DC.-

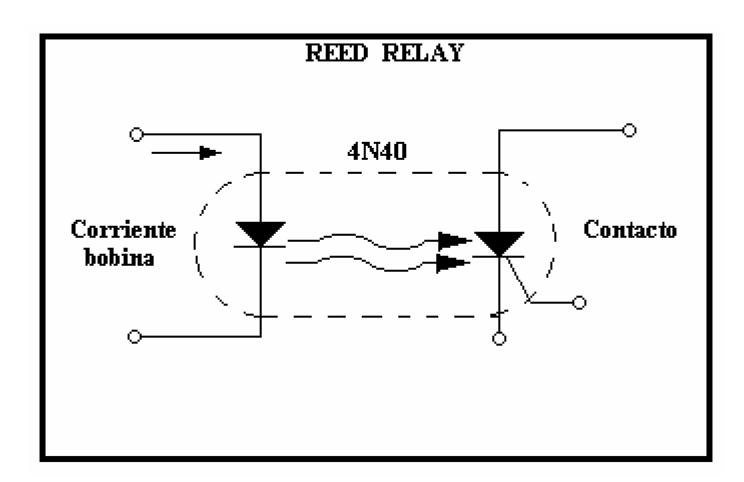
Similarmente a los SSR para cargas AC, el relé de estado sólido para cargas DC usa un optoacoplador como medio de aislamiento entre la señal de control y los contactos.

Hay una gran variedad de SSR para cargas DC, a base de SSR, transistores, contactos NA, etc.

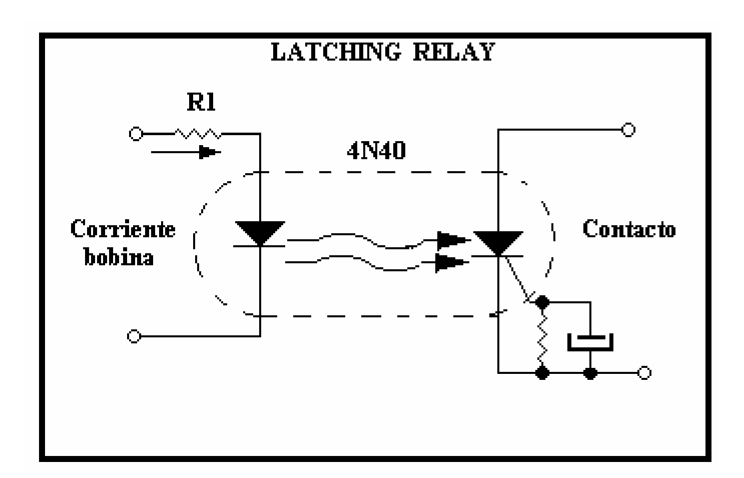
A continuación veremos algunos tipos de SSR para cargas DC.

1.-Reed relay de estado sólido.- En circuitos de instrumentación para control de procesos es frecuente encontrar necesidades para interrumpir con comando de puertas lógicas digitales (TTL) señales de magnitudes muy bajas y polaridades desconocidas. El foto SCR (4N40), mostrado en la figura siguiente, utilizando sus junturas PNP fotosimétricas como

relé de estado sólido (switching), provee una variación de resistencia de 106 ohms entre condiciones de NA y NC; capaz de cerrar sus contactos en microsegundos, puede ser controlado con señales AC o DC; además, posee características especiales frente al " BOUNCE ", señales de audio, termocuplas, termistores, monitoreo de caídas en junturas, salidas de " Straingage " y muchas otras donde un relé electromecánico no puede ser usado.

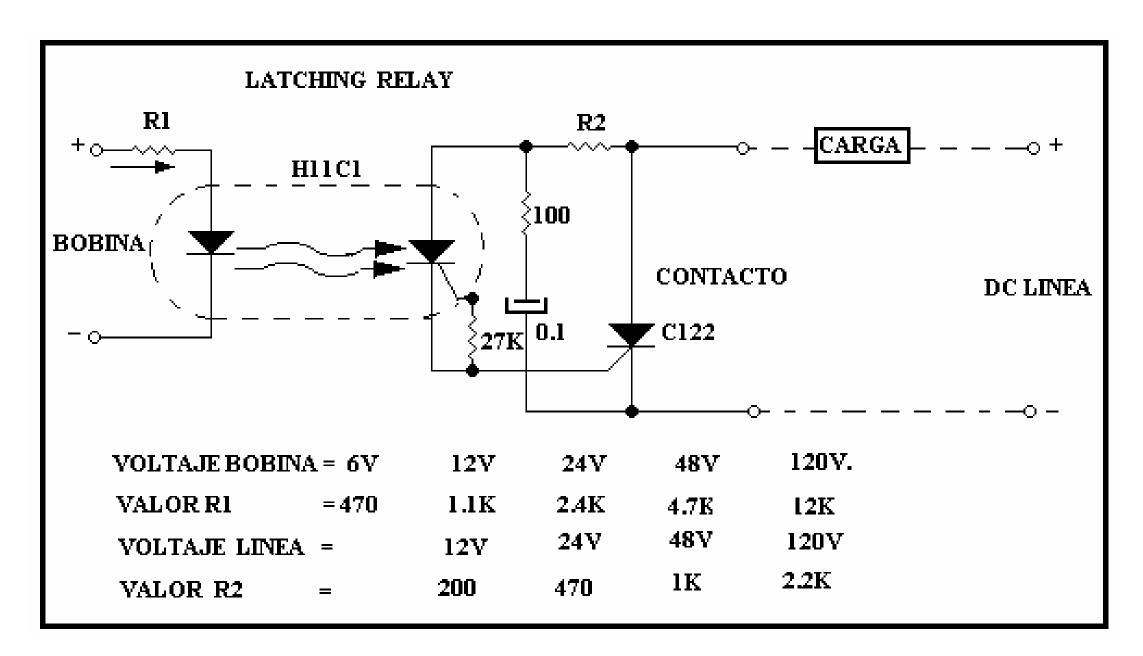


2.-Latching relay.- El SSR optoacoplado provee el autoenclavamiento necesario para comportarse como un latching relay. Para usos DC, hasta 300 mA, el 4N40 también puede utilizarse como SSR, tal como se muestra en la figura siguiente:

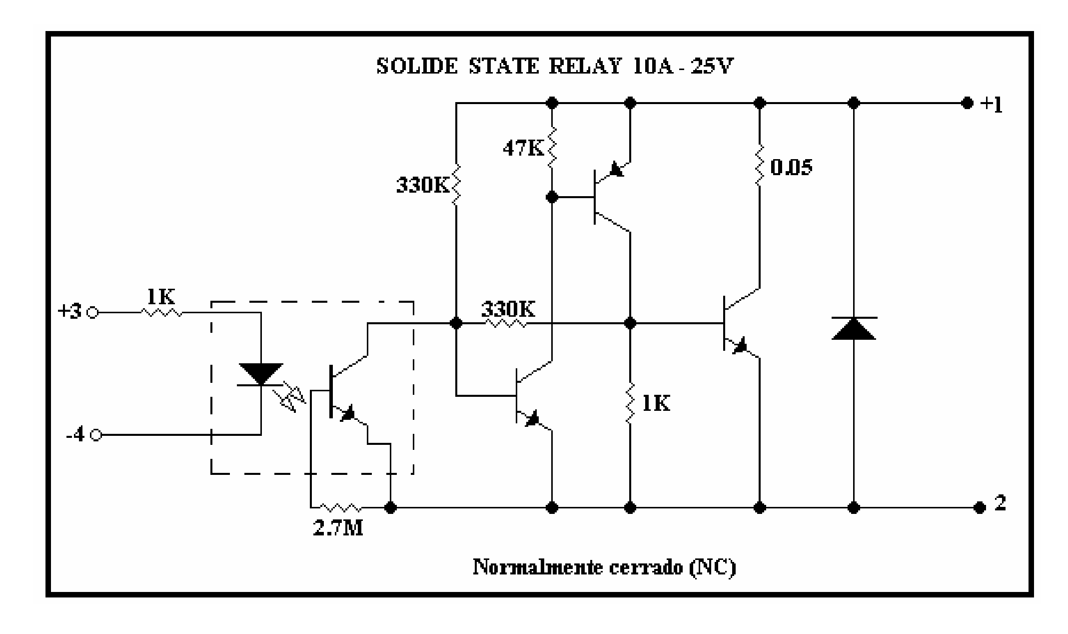


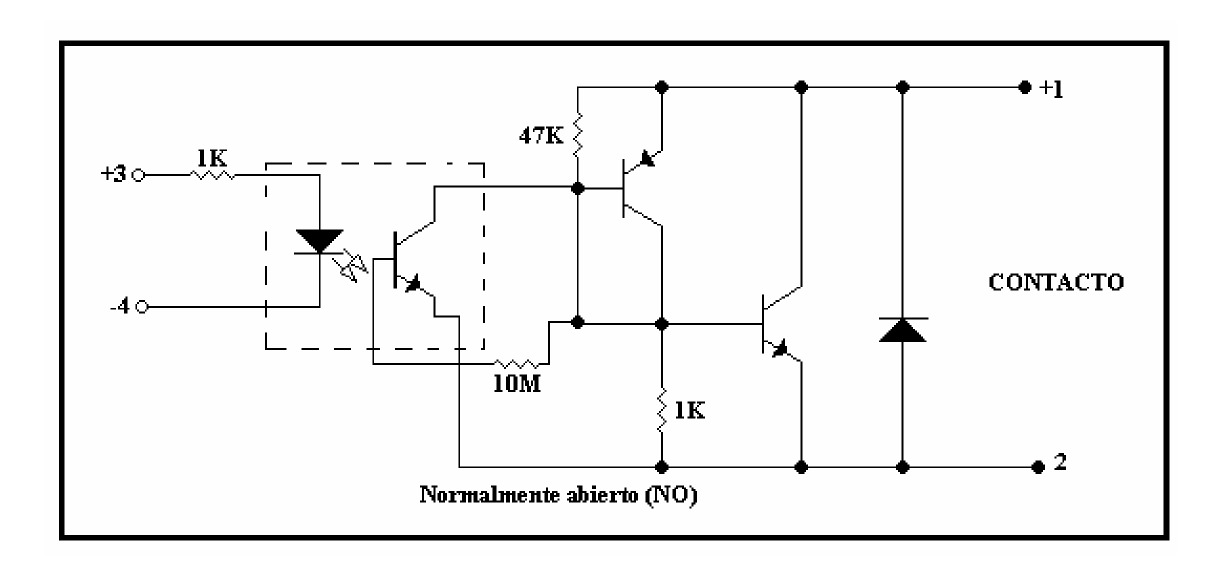
Una resistencia entre la puerta de control (gate) y el cátodo del tiristor, en paralelo con un condensador, debe agregarse para minimizar la sensibilidad a los transientes dv/dt.
Para una operación con pulsos, el valor asignado al condensador debe ser cuidadosamente elegido para poder nuevamente gatillar al SCR al aplicarle otro pulso o para prevenir el

gatillado a un nuevo pulso. De no hacerse elaboradamente, es muy probable que se incurra en operaciones erráticas no predecibles.
Para cargas mayores, pueden acoplarse SCR de mayor capacidad, tal como se muestra en la siguiente figura.



3.-DC solid state relay.- También puede ser usado el fototransistor y el aislador óptico, bajo saturación, como parte de un relé de estado sólido para cargas DC. Agregando transistores se obtienen relés para cargas DC de mucha capacidad.
A continuación, en la figura siguiente, se muestran relés de estado sólido a base de transistores con una capacidad de 1 ampere a 25V.





Especificaciones y características eléctricas. -

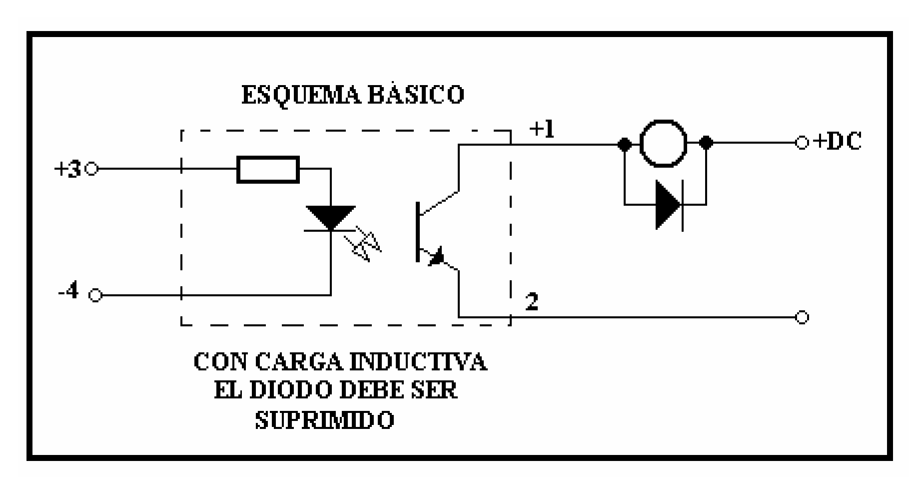
En la siguiente figura se muestran las principales especificaciones de los relés de estado sólido marca OPTO 22 para cargas DC.

ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

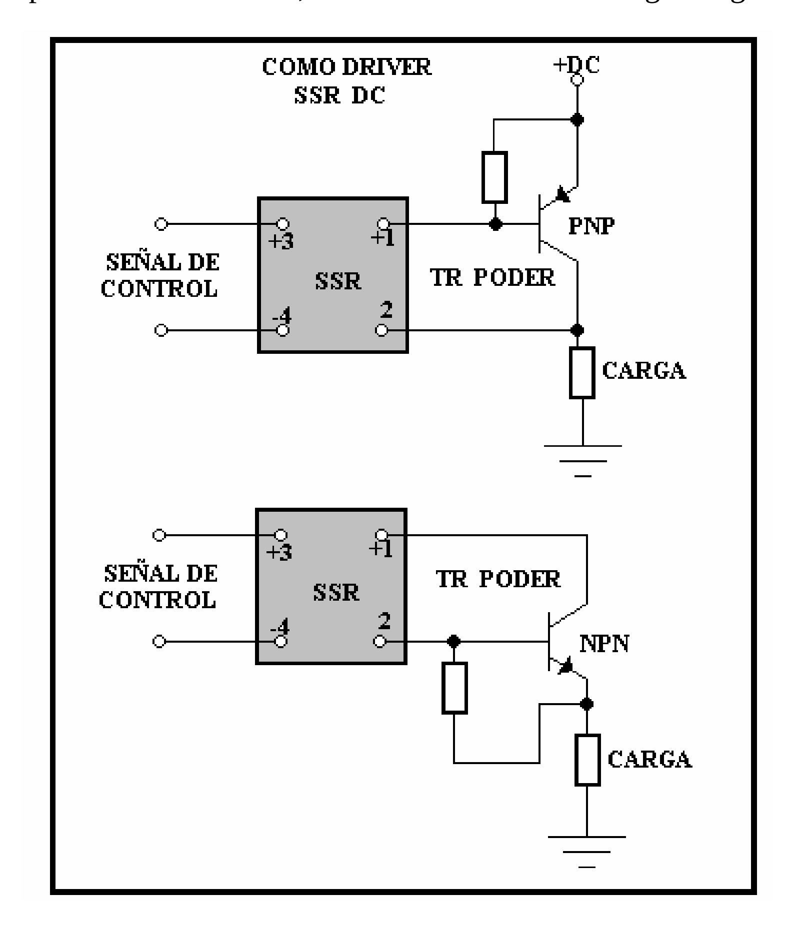
MODELO	DC 60 P	DC 200 P	DC 60 S-3	DC 60 S-5
Suministro Voltaje	60 VDC	200 VDC	60 VDC	60 VDC
Caída Voltaje Directo	1.5 Volts At 3 Amps	1.5 Volts At 1 Amp	1.5 Volts At 3 Amps	1.5 Volts At 5 Amps
Promedio Corriente	3 Amps	1 Amp	3 Amps	5 Amps
Fuera Estado Bloqueo	60 Volts DC	250 Volts DC	60 Volts DC	60 Volts DC
Captación Voltaje de Señal	4 Volts DC 16 Volts Allowed	4 Volts DC 16 Volts Allowed	4 Volts DC 20 Volts Allowed	4 Volts DC 20 Volts Allowed
Caida Señal Voltaje Ext.	1 Volt DC	1 Volt DC	1 Volt DC	1 Volt DC
Impedancia Señal Entrada	500 Ohms	500 Ohms	500 Ohms	500 Ohms
Transiente 1 segundo	5 Amps	2 Amps	5 Amps	10 Amps
Temperatura Operación	-40°C to 100°C →			
Aislación	2500 Volts RMS →			
Estado Fuga Externa	1 ma Max →			
Encapsulado Tipo	P Case	P Case	Power	Power

Aplicaciones de SSR para cargas DC.-

Los relés de estado sólido marca OPTO 22, modelos DC60S-3 y DC60-5 mostrados en la siguiente figura, tienen capacidad de 3 y 5 amperes respectivamente.



Cuando se requiere un SSR para cargas DC de mayor amperaje, pueden conectarse Transistores de potencia NPN o PNP, tal como se indica en la figura siguiente.



Conclusión:
Como resumen de lo expuesto, se destacarán las características más releventes de los relés de estoso sólido de OPTO 22.

- Son compatibles con microprocesadores (TTL Compatibles).
- Existen de hasta 3 hasta 45 (A) y de 24 a 480 V.
- Existen desde 0 hasta 200 VDC.
- Vienen con conmutación por voltaje cero.
- Poseen protección de polaridad inversa.
- Se producen de varias formas y tamaños (para ctos. Impresos).
- Tienen aislamiento galvánico.
- No contienen partes móviles. Son silenciosos y no se desgastan.
- Operan en ambientes explosivos y bajo vibraciones.
- Son inmunes a los transientes de sobtevoltaje.
- Funcionan con cargas inductivas, tienen " SNUBBRS ".
- Aislamiento 2500V.
- Su precio es competitivo con el relé electromecánico y su confiabilidad es tremendamente superior.

En la práctica, los relés de estado estan protegidos por severas patentes comerciales de fabricación, lo que hace difícil conocer en profundidad los elemen tos que los componen y su forma práctica de funcionamiento.



PRÁCTICA

ELECTRÓNICA

INDUSTRIAL

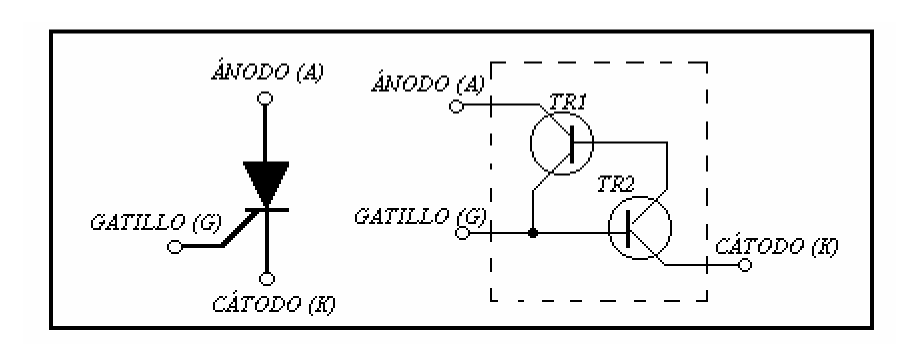
ENVÍO 8



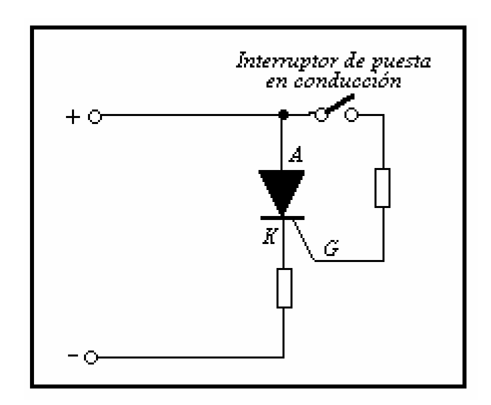
FUNCIONAMIENTO Y PRUEBA DE UN SCR O TIRISTOR

Todo tiristor o SCR posee tres terminales que son:

- Anodo (A)
- Cátodo (K)
- Puerta o Gatillo (G)

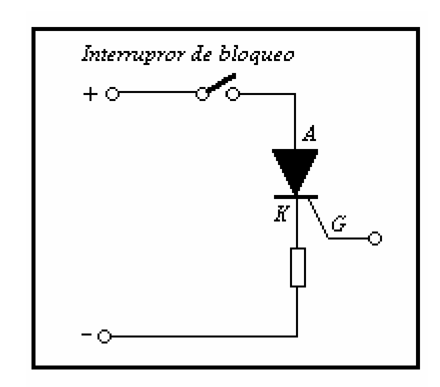


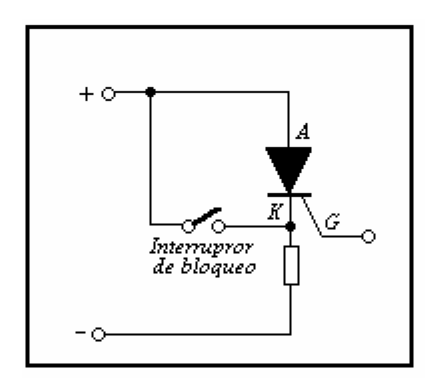
Para una mejor comprensión, puede ser interesante asimilarlo con dos transistores, uno pnp y el otro npn. Aplicando una tensión positiva al ánodo con respecto al cátodo, no circulará corriente alguna si el gatillo no está conectad o, ya que TR1 y TR2 permanecen bloqueados. En cambio, al aplicar una tensión positiva al gatillo con respecto al cátodo, permite que TR2 se haga conductor. Este a su vez hace conductor a TR1, con lo que el tiristor conduce y circula una corriente entre el cátodo y el ánodo. La tensión del gatillo puede ser suprimida sin que el régimen de conducción se modifique.



Para conseguir que el tiristor deje de conducir, es preciso reducir la corriente principal de cátodo/ánodo por debajo de los valores de mantenimiento. Para ello se tienen dos posibilidades:

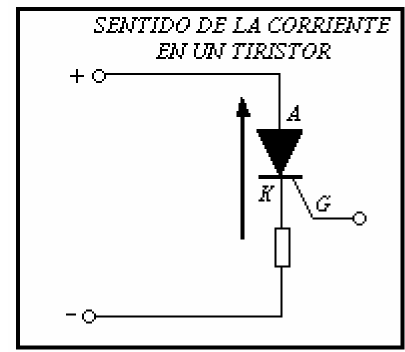
a)Interrumpir, aunque sea por un corto tiempo, el circuito cátodo/ánodo mediante un contacto, un interruptor o un transistor.





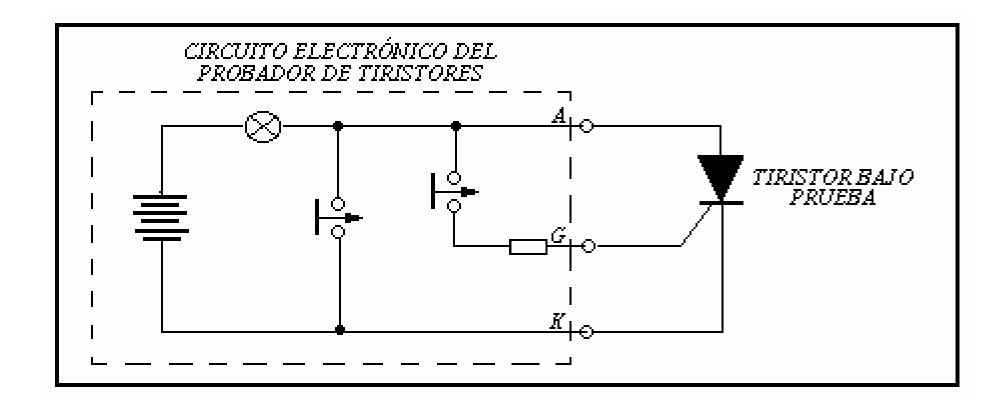
b)Cortocircuitar el circuito cátodo/ánodo. En este caso, la corriente circula por el cortocircuito y no por el tiristor, por lo que éste deja de conducir.

Para finalizar, debe tenerse en cuenta que, al igual que un diodo, bajo condiciones normales de funcionamiento, la corriente no circula nunca en el sentido ánodo/cátodo, sino que lo hace en el sentido cátodo/ánodo.



Como en la actualidad, el SCR o tiristor encuentra aplicación en múltiples funciones, tanto en aparatos domésticos como industriales, es que quienes se dediquen a la práctica de la electrónica deben saber enfrentar la forma de probarlos para determinar su estado.

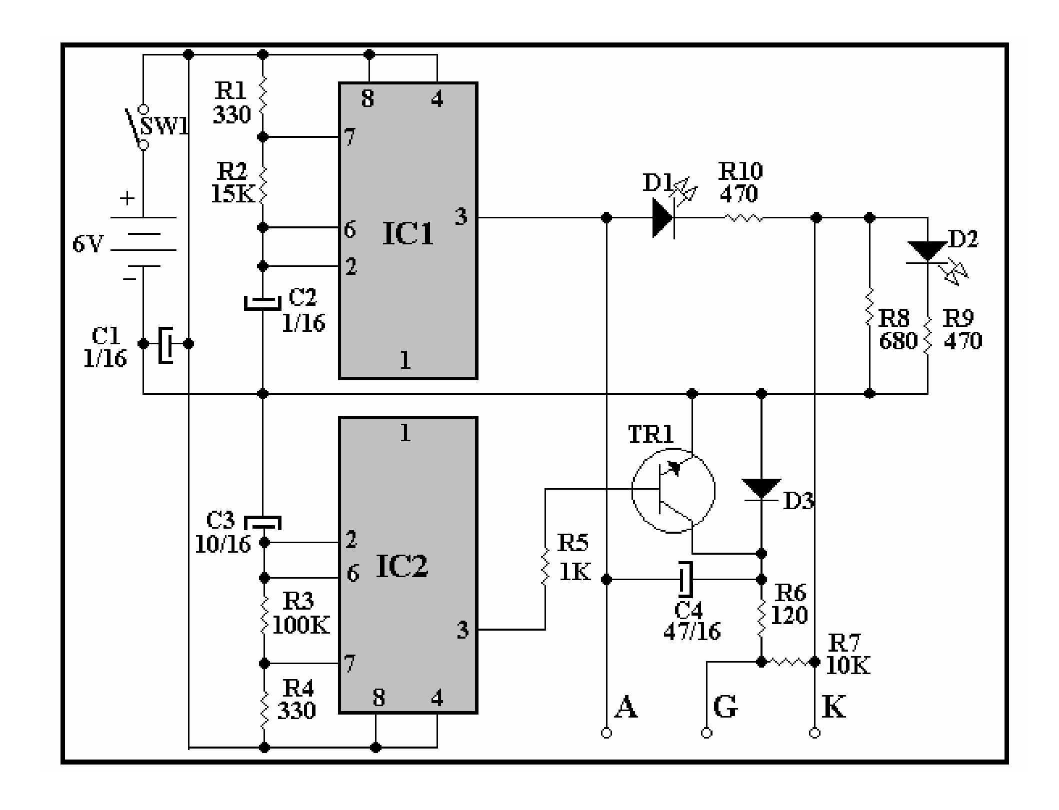
El circuito entregado a continuación permitirá comprobar el estado de un rectificador de silicio controlado (SCR o Tiristor).



El tiristor bajo prueba se conectará tal como lo muestra la figura siguiente. Al presionar SW2 el scr conduce quedando la piloto encendida; al presionar el SW1 y soltarlo, la lámpara piloto debe apagarse. Ocurriendo esto es por que el tiristor se encuentra en buenas condiciones.

Si al conectar el scr y accionar el SW2 la lámpara piloto queda encendida, es porque el scr se encuentra en cortocircuito. Si por el contrario, al conectar el scr y accionar el SW2 la piloto no enciende, es porque el scr se encuentra abierto.

PROBADOR ELECTRÓNICO DE TIRISTORES

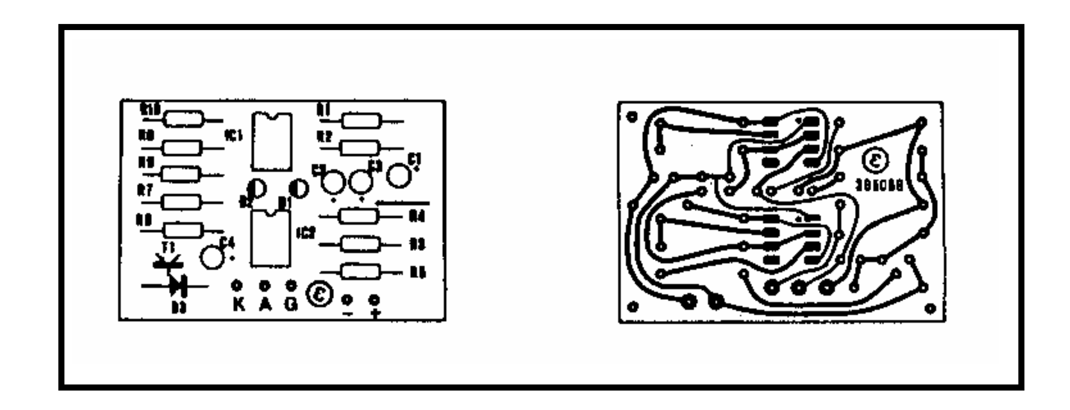


La prueba de SCR o tiristores no es recomendable efectuarla con el óhmetro, razón por la cual presentamos un diseño destinado a comprobar estos componentes en forma dinámica, con seguridad y rapidez.
Como es de conocimiento del técnico actual, en los circuitos electrónicos actuales nos encontramos frecuentemente con este tipo de componentes, razón por la cual es fundamental contar con un instrumento de comprobación que pueda establecer su estado.
El funcionamiento del circuito propuesto consiste básicamente en conectar el tiristor bajo prueba a un generador de onda cuadrada, de manera que el tiristor quede polarizado en forma directa y no polarizado alternadamente, en una frecuencia de 60 Hz, permitiendo así una prueba dinámica de alta efectividad. El elemento en prueba se enciende a través del gatillo mediante un pulso obtenido desde la carga de C4 y limitado por R6. Podemos decir entonces, que si el tiristor está en buenas condiciones, los diodos led se encenderán alternativamente a una frecuencia correspondiente a la señalada precedentemente. Como esta situación no se puede apreciar a simple vista, se ha agregado una llave en los pulsos del gatillo con una frecuencia subsónica de 1,1 Hz, la que nos permitirá ver encenders e a los diodos led alternadamente y en forma lenta, indicando el buen estado del componente.
Por otra parte, si el tiristor está abierto, el diodo led (D1) quedará permanentemente encendido, indicando falla (abierto).
Si el tiristor está en cortocircuito, el diodo led (D2) indicará esta falla manteniendose permanentemente encendido (cortocircuito)

En resumen:
a)Si los diodos led pestañean alternadamente, el tiristor bajo prueba se encuentra normal.

b)Si el diodo led rojo queda encendido permanentemente, el tiristor bajo prueba se encuentra en circuito abierto.

c)Si el diodo led verde queda encendido permanentemente, el tiristor bajo prueba se encuentra en cortocircuito.



LISTADO DE MATERIALES

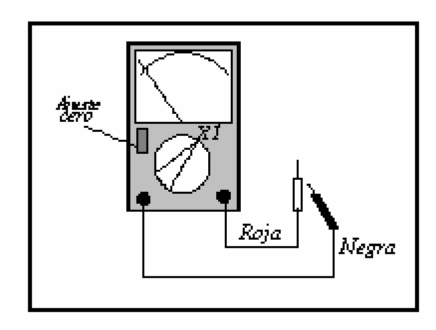
IC1............................LM555
IC2............................LM555
TR1...........................2SC828
SW1...........................Interruptor miniatura
D1.............................Led rojo
D2.............................Led verde
D3.............................1N4148
C1.............................33µF/16v
C2.............................1 µF/16v
C3.............................10 µF/16v
C4.............................47 µF/16v
R1.............................330Ω/0,5W
R4.............................330Ω/0,5W
R6............................. 120Ω/0,5W
R8............................. 680Ω/0,5W
R9............................. 470Ω/0,5W
R10........................... 470Ω/0,5W
R2.............................15KΩ/0,5W
R5.............................1KΩ/0,5W
R3.............................100KΩ/0,5W
R7.............................10KΩ/0,5W

FORMA DE PROBAR TIRISTORES DE BAJA POTENCIA CON EL ÓHMETRO

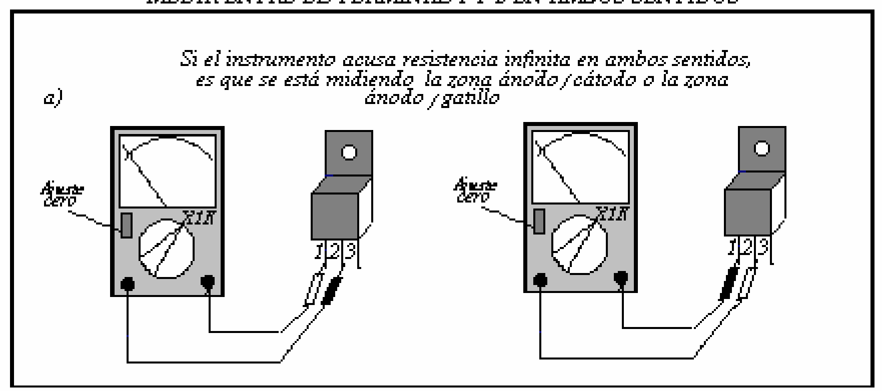
La prueba de funcionamiento de un tiristor normalmente requiere de un óhmetro capaz de suministrar una corriente de compuerta (IGT) que permita el enganch e del tiristor.
Normalmente la corriente IGT viene indicada en los manuales de reemplazo de estos dispositivos.

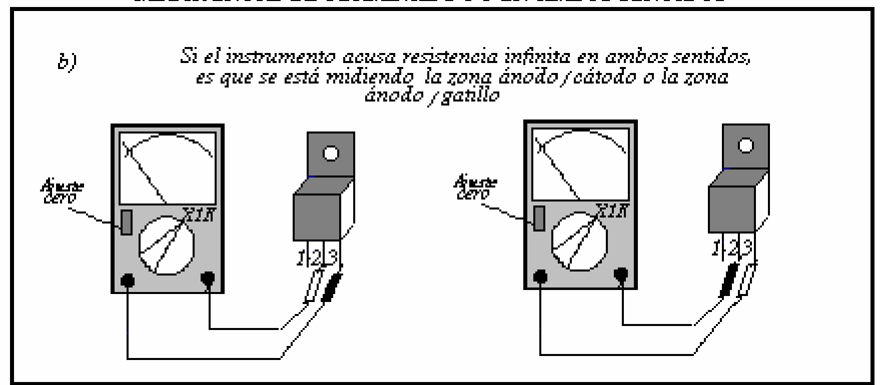
Orden de operaciones para el desarrollo de la prueba. -

1.-Utilizar un tester como óhmetro y disponerlo en la escala X1.



2.-Identificar los terminales correspondientes a cátodo/ánodo/gatillo .





MEDIR ENTRE EL TERMINAL 1 Y 3 EN AMBOS SENTIDOS

Si el instrumento acusa resistencia baja resistencia en un sentido e infinita en el otro es que se está midiendo la zona cátodo/gatillo En la prueba de menor resistencia, la punta negra indica el gatillo y la roja el cátodo De acuerdo a esto, el terminal 1 es el cátodo, el 2 el ánodo y el 3 el gatillo

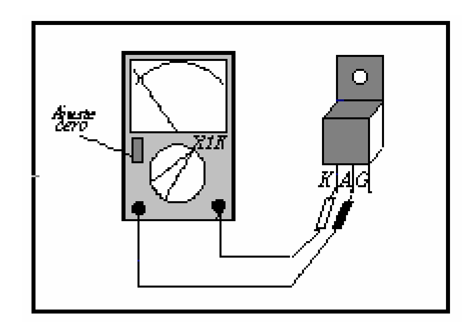
K A G

c)

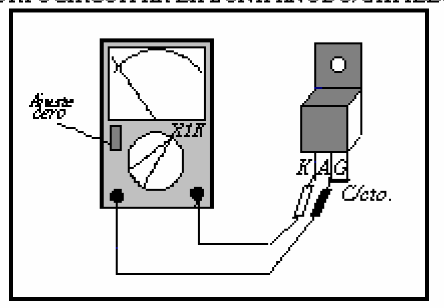
Ajuste cero X1K 1 2 3

Ajuste cero X1K 1 2 3

3.-Una vez identificados los tres terminales del tiristor, conecte la punta roja del óhmetro al cátodo (en este caso al terminal 1) y la punta negra al ánodo (terminal 3). Es importante destacar que el instrumento, en condiciones normales acusará una resistencia infinita.



Cortocircuitar el ánodo del tiristor con el gatillo en forma momentánea. A partir de este instante se polariza el gatillo del tiristor, permitiendo que este entre en conducción.

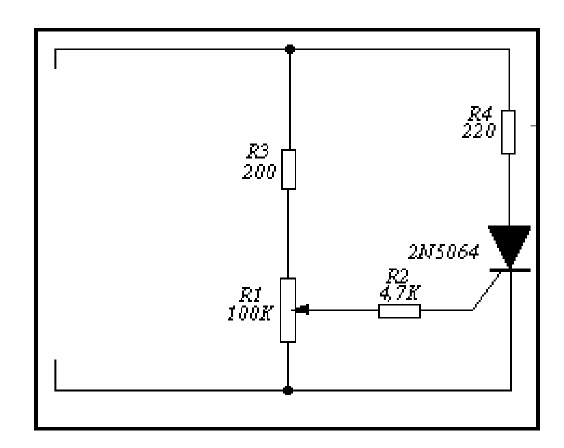


Es importante destacar que, aún cuando se remueva el cortocircuito entre ánodo y gatillo, la lectura del instrumento se debe mantener, lo que significa que no se interrumpe la conducción del tiristor una vez que éste ha arrancado.

ANALISIS PRÁCTICO DEL SIGUIENTE CIRCUITO CON TIRISTOR

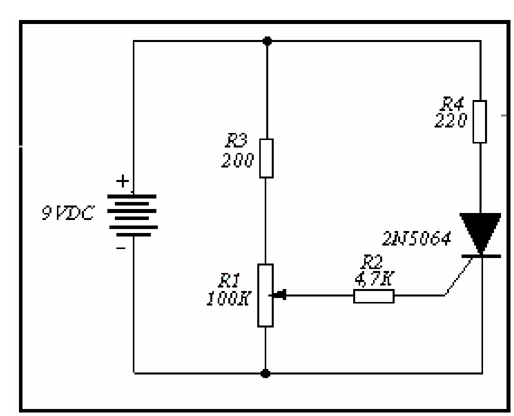
En éste experimento se demostrarán las condiciones que se precisan para disparar o bloquear al tiristor o SCR. Esto lo haremos sometiendo al tiristor a su s tensiones normales de trabajo y observaremos su funcionamiento mediante mediciones de tensión. Seguidamente utilizaremos una lámpara piloto para obtener indicación visual del funcionamiento del tiristor. Finalmente concluiremos el experimento demostrando el uso de un SCR en un circuito de control de media onda.

Arme el siguiente circuito.-

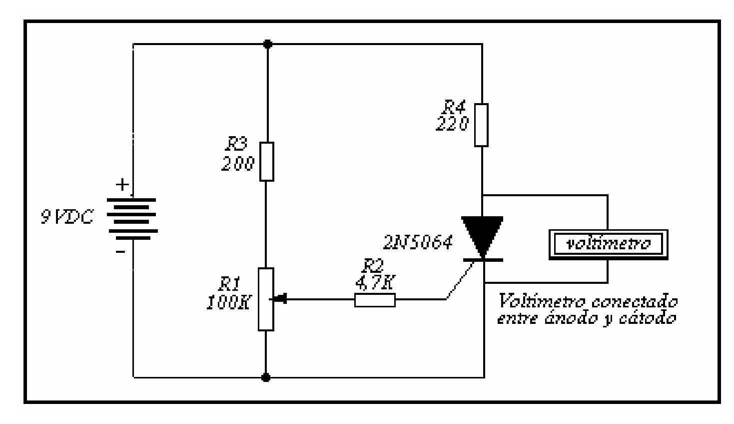


a)Construya el circuito ilustrado. Los contactos del SCR que usará se identifican al lado del diagrama esquemático.
Gire del todo hacia la izquierda el mando de control del potenciometro de 100K (R1).

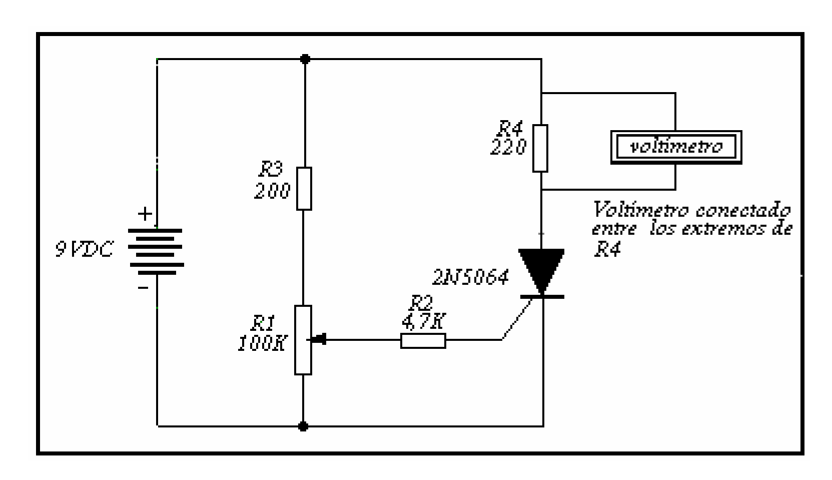
b)Conecte la batería de alimentación de 9VDC.



c)Use ahora el voltímetro para medir la tensión entre ánodo y cátodo (VF) del tiristor y anote este valor en el espacio apropiado de la siguiente tabla. El valor anotado representa la tensión directa entre los extremos del tiristor cuando éste se encuentra bloqueado.



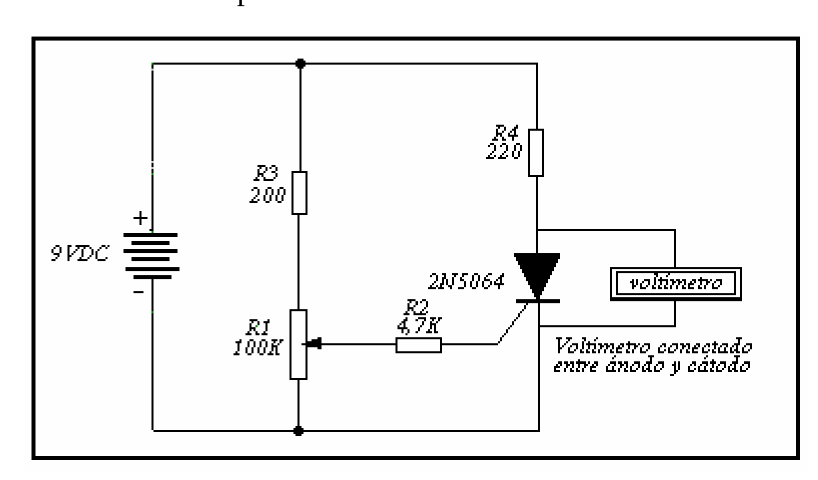
d)A través del voltímetro mida la caída de tensión en los extremos de la resistencia de 220Ω (R4) que está en serie con el tiristor. A este valor lo llamamos VR4 y deberá ser anotado en la columna OFF de la tabla. Este valor representa la tensión entre los extremos de R4 cuando el SCR está bloqueado.



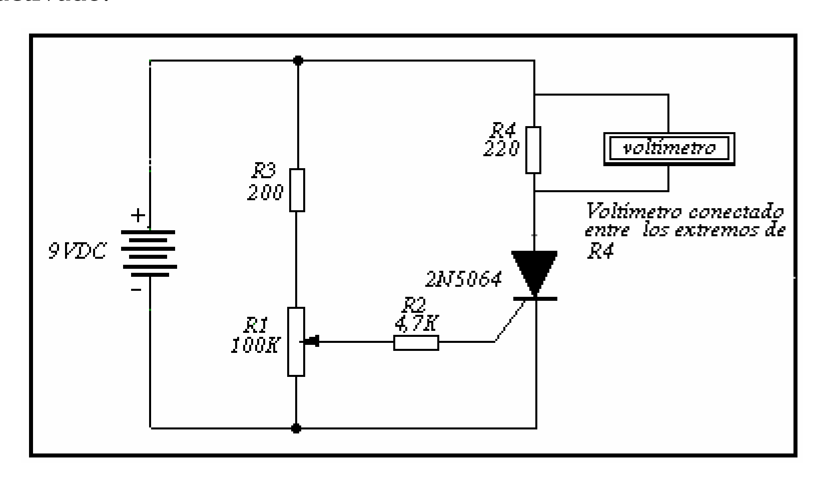
e)Divida la tensión desarrollada entre los extremos de R 4 (220Ω) para calcular el valor de la corriente que circula por R4 (aplicar ley de Ohm). Este valor de corriente, obtenido a través del cálculo, representa la corriente directa (If), en mA, que pasa por el tiristor cuando este se encuentra bloqueado. Anote el valor de la corriente If en la columna OFF de la tabla.

$$If = \frac{VR4}{R4} = mA$$

f)Conecte nuevamente el voltímetro entre ánodo y cátodo del tiristor y observe su tensión directa (VF) mientras gira lentamente el potenciometro R1 hacia la derecha. Esto aumentará el valor de la corriente de cebado (Ig). Continué girando R1 hasta que observe un cambio de VF. Entonces deje de girar R1 y anote el nuevo valor VF en la columna ON de la tabla. El valor anotado representa la tensión directa en el SCR cuando está activado.



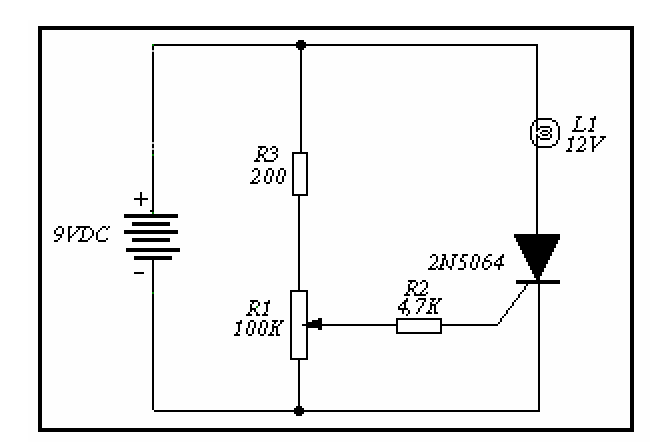
g)Mida nuevamente la tensión entre los extremos de R4 (VR4) y anote esta tensión en la columna ON de la tabla. Este valor representa la tensión entre los extremos de R4 cuando el tiristor está activado.



h)A continuación, aplicando ley de Ohm, calcule la intensidad de corriente que pasa por R4. Para esto divida el valor de la tensión VR4 por el valor de R4. Este valor calculado representa la corriente directa (If) que circula por el SCR cuando está activado. Anote este valor If en la columna ON de la tabla.

$$If = \frac{VR4}{R4} = mA$$

i)Gire del todo hacia la izquierda el cursor del potenciometro R1, con el fin de reducir la corriente Ig a cero. Seguidamente mida de nuevo VF y VR4 y use estas lecturas de tensión para determinar si el SCR todavía está activado o si el dispositivo se ha bloqueado. Según estas lecturas el SCR esta en estado de : ....
....
....
j)Desconecte un extremo de R4 y vuelva inmediatamente a poner este terminal de la resistencia en su posición primitiva. Esto hará reducirse momentáneamente If a cero. Mida nuevamente VF y VR4 y constate si el tiristor está activado o bloqueado. Según estas mediciones el SCR está ahora: ....
....
....
k)Corte la alimentación desde la fuente. Seguidamente quite por completo R4 y ponga en su lugar la lámpara de piloto de 12V, tal como lo muestra la siguiente figura:



Esta lámpara proporcionará indicación visual del estado del tiristor. S e encenderá al estar el tiristor en estado de conducción y se apagará al pasar el tiristor al estado de bloqueo. Asegúrese que el potenciometro R1 esté girado del todo hacia la izquierda y conecte entonces la fuente de alimentación. Observe la lámpara y an ote abajo su estado (encendida o apagada)..
....
....

l)Gire el potenciometro R1 hacia la derecha hasta que cambie de estado la lámpara y anote esta condición:..
....
....

m)Gire el potenciometro R1 del todo hacia la izquierda y anote nuevamente el estado de la lámpara: ....
....
....

n)Desconecte la fuente de alimentación, espere a lo menos 15 segundos y conéctela otra vez. Indique a continuación el estado de la lámpara: ....
....
....

ñ)Desconecte la fuente de alimentación y lea la explicación siguiente:

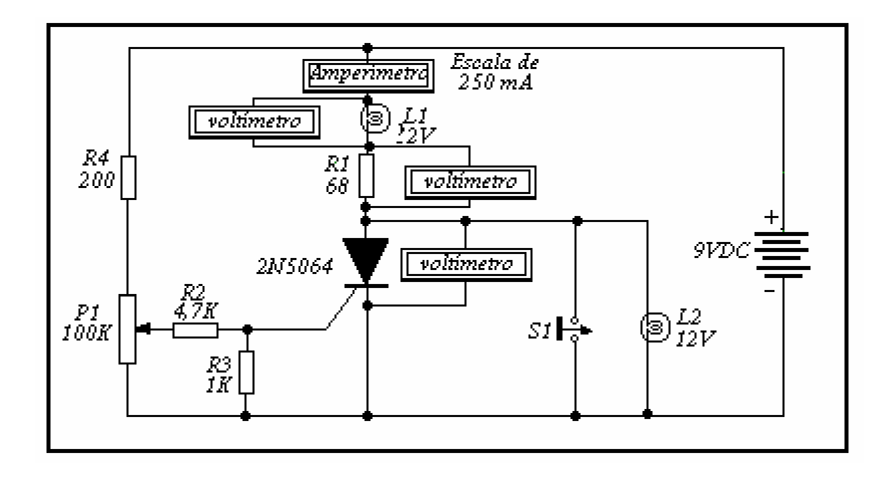
ANÁLISIS EXPLICATIVO DE LAS OPERACIONES ANTERIORES:

En esta parte del experimento han quedado demostradas las condiciones que son necesarias para que se active o bloquee un tiristor. Primero se aplico la alimentación al SCR y su resistencia en serie (R4), pero esto no bastó para que circulara corriente de cebado por el dispositivo, por lo que el SCR se encuentra en estado de bloqueo. Seguidamente se midió la

tensión directa del SCR (VF) y la tensión directa entre los extremos de la resistencia R4 (VR4). Acá es donde queda demostrado que al encontrarse bloqueado el SCR la tensión VF es igual a la tensión de la fuente y que la caída de tensión VR4 es prácticamente 0V.
También quedo demostrado que al calcular la intensidad de corriente directa (If), encontrándose bloqueado el SCR, ésta es igual a cero.
A continuación aumentó la corriente de cebado (Ig) a un nivel tal, que se produjo la conducción del tiristor. En estas condiciones se midieron nuevamente los voltajes VF y VR4. Acá es donde se pudo comprobar, que al encontrarse en conducción el tiristor, el valor de VF bajo a 1V ó menos, mientras que VR4 subio prácticamente al mismo valor de la fuente. Se produjo el valor más bajo de VF porque el SCR estaba conduciendo y la resistencia interna de éste (resistencia entre ánodo y cátodo del tiristor) era baja. Esto permitió que apareciera la mayor parte de la tensión de alimentación (9V) en los extremos de R4. La tensión de alimentación empleada en este experimento es relativamente baja, por eso es apreciable la caída de tensión que se produce en el tiristor. Sin embargo, en muchas otras aplicaciones la tensión de alimentación es muy alta (100V ó más) y la caída de tensión en el tiristor es insignificante en comparación con la tensión que aparece entre los extremos de la carga. Mientras el tiristor estaba en conducción, se calculó su corriente directa (If). Probablemente obtuvo un valor de If de 40 mA o más, dependiendo del valor de R4.
Seguidamente se redujo el valor de Ig a cero y se observo el valor de VF y VR4. El valor de VF debe permanecer bajo y sin cambiar, mientras que el valor de VR4 permanece alto y sin cambiar, lo cual demuestra que el SCR se encu entra en estado de conducción. A continuación se desconecto momentáneamente un extremo de R4 y observó, entonces, el estado del circuito a través de las mediciones de VF y VR4. Estas mediciones deberán indicar que el tiristor se encuentra bloqueado.

CIRCUITOS BÁSICOS PARA INTERRUPTORES ELECTRÓNICOS DE CC UTILIZANDO SCR.

1.-Armar el circuito siguiente.-



a)Accionar el potenciometro de 100K (P1) de mínimo a máximo para provocar la conducción del tiristor y luego regresarlo a mínimo.
Esta prueba determina la aplicación de un puldo positivo sobre el gatillo, lo que provoca la conducción del SCR, el bloqueo de L2 y el encendido de L1.

b)La conducción del SCR determina un paso de corriente de aproximadamente 50 mA a través de R1, L1 y el miliamperímetro, lo cual provoca caídas de tensión en R1 y L1. Por lo tanto, medir la caída de tensión entre los extremos de R1, L1 y la zona ánodo/cátodo del tiristor.

VR1: ....VL1: ....VA -K: ....

La existencia de caídas de tensión en L1- R1 y la no existencia de caída de tensión ánodo/cátodo, confirman que el tiristor se encuentra en estado de conducción.

c)Presionar el pulsador S1 para provocar el bloqueo del tiristor. Es importante destacar que al accionar este pulsador, se logra interrumpir la corriente a través del SCR, lo que provoca su estado de bloqueo.

d)Medir las caídas de tensión en R1, L1 y zona ánodo/cátodo del tiristor.

VR1: ....VL1: ....VA-K: ....

El bloqueo del tiristor determina que se interrumpa la corriente a través del mismo, con lo cual las caídas de tensión en R1 y L1 también serán nulas. En cambio, la caída de tensión ánodo/cátodo del tiristor será igual a la tensión de la fuente, lo que confirma el bloqueo del tiristor.

2.-Desarrollar el siguiente circuito y realizar en el la tabla de mediciones que lo acompaña. -

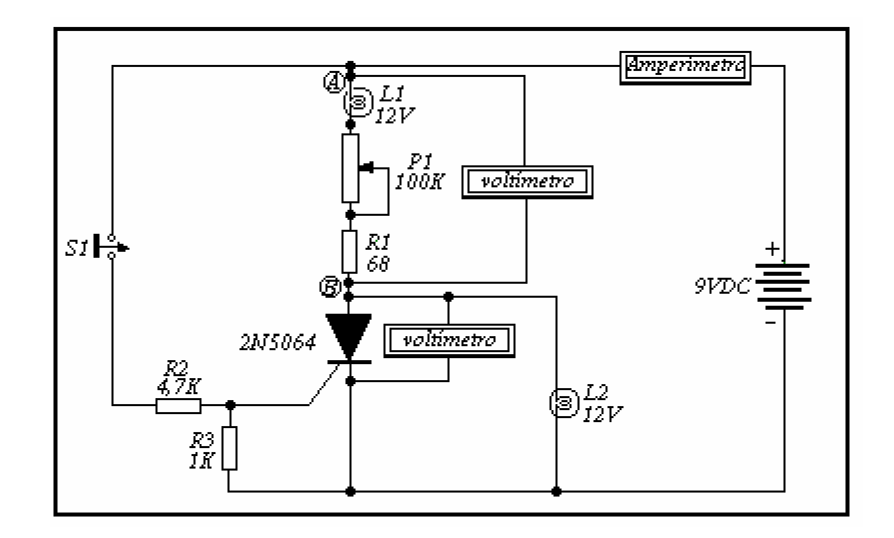


Tabla de mediciones:

VA - K en conducción: ....
VA - K en bloqueo: ....
IA - K en conducción: ....
IA - K en bloqueo: ....
V. entre los puntos A - B en conducción: ....
V. entre los puntos A - B en bloqueo : ... .

a)Accione el potenciometro de máximo a mínimo.

b)Presione el pulsador S1, con lo cual el SCR se pondrá en condu cción y encenderá la piloto.

c)Realice las siguientes mediciones de polarización:

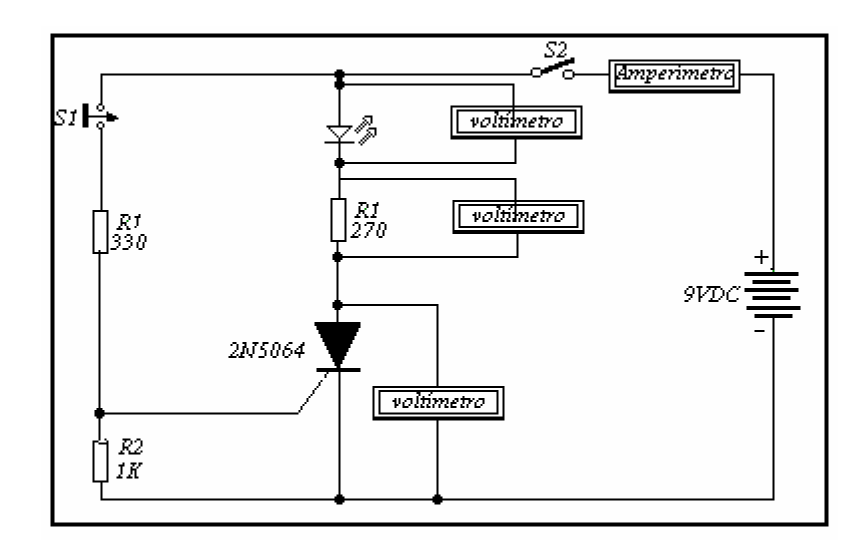
VA - K: ....VA - B: ....I: ....

d)Llevar el potenciometro a máximo, con lo cual se lo gra reducir la intensidad de corriente del SCR hasta provocar su bloqueo. El led se apagará. Luego realice las siguientes mediciones de polarización.

VA - K: ....VA - B: ....I: ....

e)Luego de las experiencias realizadas en los circuitos anteriores, señale las metodologías existentes para provocar el bloqueo del SCR.

3.-Construya en el protoboard el circuito siguiente:



a)Cierre el interruptor S2 y presione luego el pulsador S1. Al cerrar el interruptor S1 polarizamos positivamente al ánodo del SCR, de tal forma que el accionamiento del pulsador S1 permite la aplicación de un pulso positivo sobre el gatillo, lo que provoca el disparo (conducción) del SCR y el encendido del diodo led.

b)Con el SCR en conducción medir los siguientes voltajes de polarización:

VA - K : ....VL1: ....VR1 : ....

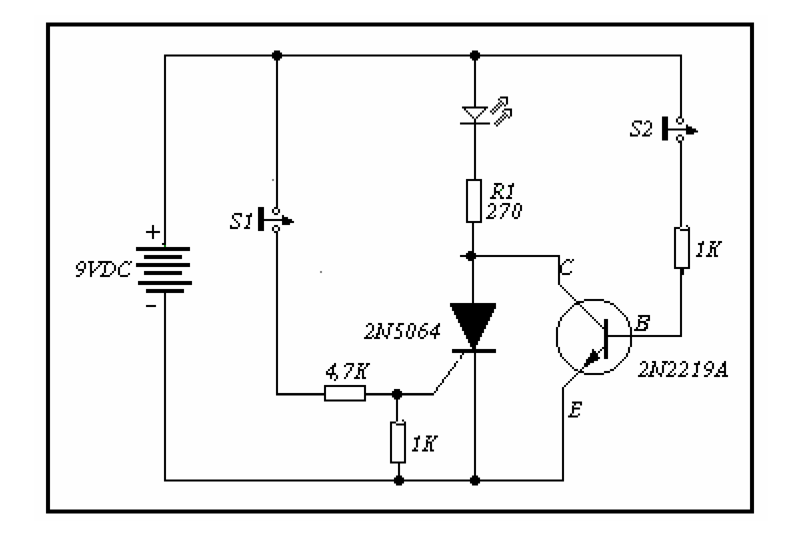
c)Conecte el mA en serie, en la escala de 250 mA, entre ánodo del diodo led,s y el positivo de la fuente, con lo cual podra medir el consumo de corriente. La intensidad de corriente medida fue : ....
....

d)Abra y cierre el interruptor S2, con lo cual provocará el bloqueo del tiristor, lo cual notará por el apagado del diodo led. Luego mida los siguientes voltajes de polarización y consumo de corriente.

VA - K : ....VL1: ....VR1 : ....

Intensidad de corriente consumida por el circuito: ....

4.-Arme el siguiente circuito y aliméntelo con 9VCC:



a)Presione el pulsador S1, con lo cual se gatillará el tiristor y encenderá el diodo led.

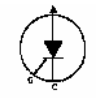
b)Mida los siguientes voltajes de polarización con el tiristor en conducción:

VL1: ....VR1: ....VA - K: ....VC - E: ....VB - E: ....

c)Cierre el pulsador S2 por una decima de segundo y verá que se produce el bloqueo del tiristor. Señale porque: ....
....
....
....

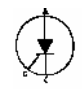
Silicon Controlled Rectifiers (SCR)

Phase Control - SCR



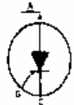
VDRM DC or Pk Volts	IT Max Forward Current (Amps) IT RMS – All Conduction Angles / IT Ave –Conduction Angle = 180˚											
	8 A RMS	**3A RMS**	**4 A RMS**				**5 A RMS**		***7 A RMS**	**8 A RMS**		
	5 A Av.	**1.9 A Av.**	**2.5 A Av.**				**3.2 A Av.**		**4.3 A Av.**	**5.1 A Av.**		
30	ECG5400		ECG5411	ECG5421	ECG5431	ECG5452						
50						ECG5453	ECG5470				ECG5442	ECG5481
60	ECG5401		ECG5412	ECG5422	ECG5432							
100	ECG5402		ECG5413	ECG5423	ECG5433	ECG5454	ECG5471					ECG5482
200	ECG5404	ECG5408	ECG5414			ECG5455	ECG5472	ECG5511	ECG5427		ECG5444	ECG5483
400	ECG5405	ECG5409	ECG5415			ECG5457	ECG5474	ECG5512	ECG5428	ECG5437	ECG5446	ECG5485
600	ECG5406	ECG5410	ECG5416				ECG5476	ECG5513	ECG5429	ECG5438	ECG5448	ECG5487
IGT Min	200 µA #	10 mA	200 µA #	200µA #	500 µA #	200 µA #	10 mA	15 mA	15 mA	200 µA #	30 mA	20 mA
VGT Max (V)	0.8	1.5	1.0	1.0	1.0	0.8	1.5	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
Isurge (A)	6.0	30	25	30	20	20	100	60	100	100	80	100
I Hold Min(mA)	5.0	20	5.0	3.0	5.0	3.0	25	20	20	6.0	40	25
VGFM (V)	8.0	10	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	10	6.0	5.0	6.0	10
VGRM (V)	8.0	10	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	6.0	5.0	6.0	10
VF on (V) Max	1.7	1.6	2.0	2.2	2.6	2.2	2.0	2.8	2.6	2.0	1.5	1.3
PG Av (W)	01	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Operating Temp. TjºC	-65 to + 125	-40 to + 125	-40 to + 110				-40 to + 110		-65 to +100	-40 to + 110		-40 to + 110
dv/dt (Typ) V/ µsec	30	30	10				50	200	100	10	50	50
Fig. No.	Z36	Z35	Z38	Z39		Z40	Z48	Z42	Z35	Z41	Z39	Z48
Package	TO-92	TO-5M	TO-126	TO-127		TO-202	TO-64	TO-66	TO-5M	TO-220	TO-127	TO-64

Phase Control – SCR (con'd)



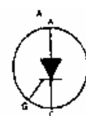
VDRM DC or Pk Volts	IT Max Forward Current (Amps) IT RMS – All Conduction Angles					IT A ve –Conduction Angle = 180°		
	80 A RMS	**125 A RMS**		**275 A RMS**	**470 A RMS**	**550 A RMS**	**850 A RMS**	**1880 A RMS**
	50 A RMS	**80 A Av.**		**175 A Av.**	**300 A Av.**	**350 A Av.**	**550 A Av.**	**1200 A Av.**
200	ECG5567	ECG5570	ECG5575	ECG5580	ECG5590		ECG5594	
600	ECG5568	ECG5572	ECG5577	ECG5582	ECG5591	ECG5587	ECG5595	ECG5598
1200	ECG5569	ECG5574	ECG5579	ECG5584	ECG5592	ECG5589	ECG5596	ECG5599
IGT Min (mA)	100	100	100	150	150	150	150	200
VGT Max (v)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
I Surge (A)	1200	1800	1800	5500	5500	10,000	10,000	27,000
I Hold Min (mA)	200	200	200	300	300	300	300	500
VGFM (V)	20.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
VGRM (V)	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Vf on (V) Max	2.5	2.2	2.2	1.5	1.5	2.0	2.0	1.7
PG Av (W)	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Operating Temp. Tj° C	-40 to +125	-40 to +125		-40 to +125	-40 to + 125	-40 to +125	-40 to + 125	-40 to + 125
dv/dt (Max) V/μsec	200	300	300	300	300	300	300	300
Non-Repetitive dᵢ/dt Max Amps/μsec	200	800	800	800	800	800	600	800
Fig. No.	Z47	Z52	Z51	Z53	Z55	Z54	Z56	Z57
Package	5	TO-94	TO-83	TO-93	HT-16	ST-75	HT-23	HT-29

Phase Control - SCR (cont'd)



VDRM	IT Max Forward Current (Amps) IT RMS - All Conduction Angles									IT Ave - Conduction Angle = 180°	
RMS	40 A	50 A	55 A	80 A	125 A		175 A	275 A	360 A	470 A	550 A
Av.	25 A	32 A	35 A	50 A	80 A		110 A	175 A	230 A	300 A	350 A
200				ECG5567	ECG5570	ECG5575		ECG5580		ECG5590	
400			ECG5539								
600				ECG5568	ECG5572	ECG5577	ECG5576	ECG5582	ECG5586	ECG5591	ECG5587
800	ECG5536	ECG5538	ECG5540								
1200				ECG5569	ECG5574	ECG5579		ECG5584		ECG5592	ECG5589
1600				ECG5571			ECG5578	ECG5585	ECG5588	ECG5597	ECG5593
I_{GT} Min (mA)	40	80	40	100	100	100	150	150	150	150	200
V_{GT} Max (V)	1.5	1.5	1.5	3	3	3	3	3	3	3	3
I_{SURGE} (A)	400	500	600	1000	1800	1800	1800	4500	5500	4500	8000
I_{Hold} Min (mA)	60	150	60	200	200	200	300	300	300	300	300
V_{GFM} (V)	10	10	10	20	5	5	5	5	5	5	5
V_{GRM} (V)	10	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
V_F on (V) Max	1.8	1.9	1.8	2.5	2.2	2.2	1.5	1.5	1.5	2	2
P_G Av (W)	0.5	1	0.8	2	3	3	3	3	3	3	3
Operating Temp. Tj°C	-40 to + 125	-40 to + 125	-40 to +125	-40 to + 125	-40 to +125	-40 to +125		-40 to +125	-40 to +125	-40 to +125	-40 to +125
d_v/d_t (Max) V/µsec	50	500	375	200	300	300	400	300	300	300	300
Non-Repetitive di/dt Max Amps/µsec	—	—	—	200	800	800	600	800	800	800	800
Fig. No.	Z41	Z40A	Z40A	Z47	Z52	Z51	Z52	Z53		Z55	Z54
Package	TO-220	TO-218 Isolated Tab	TO-218	TO-65	TO-94	TO-83	TO-94	TO-93		HT-16	ST-75

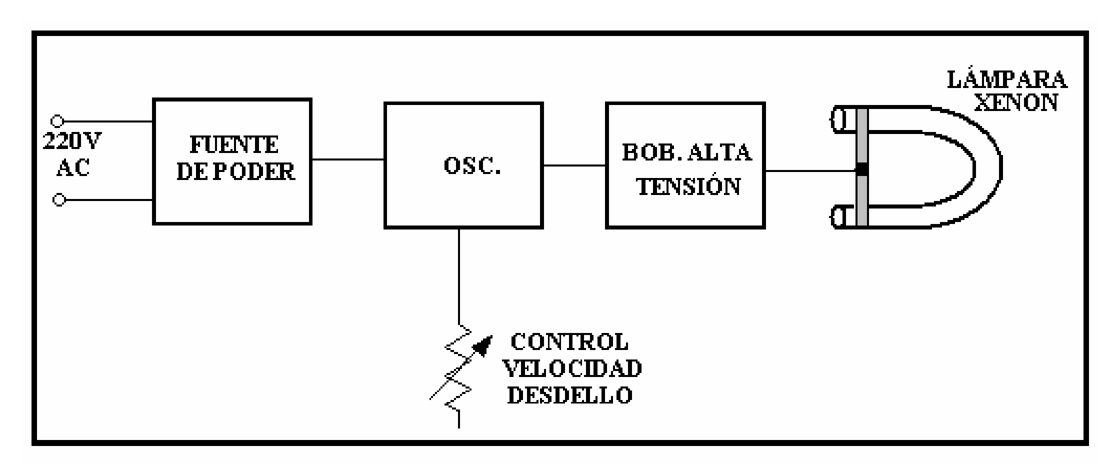
High Speed - SCR (Switching)



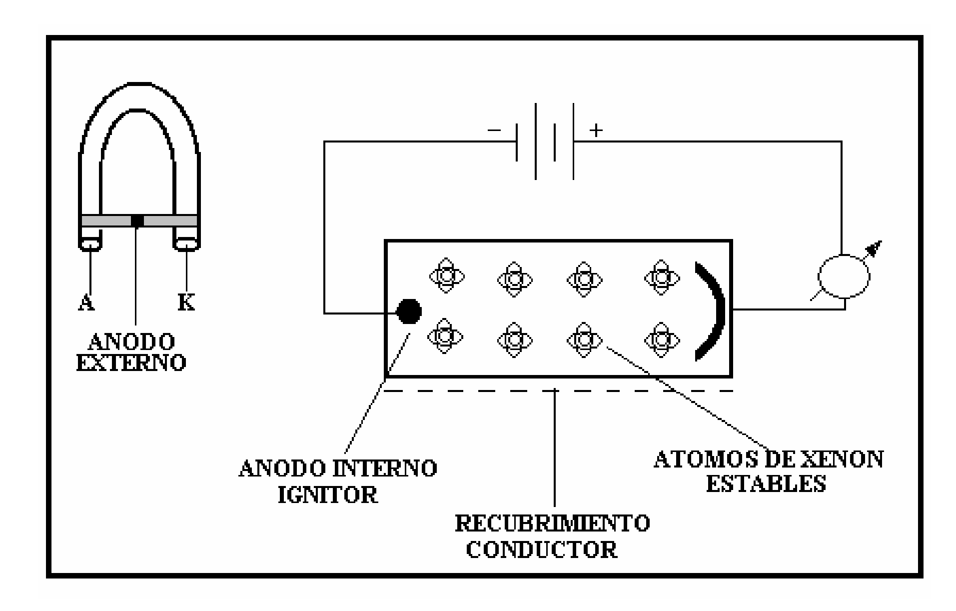
VDRM	I_T Max Forward Current (Amps) — $I_{T\,RMS}$ - All Conduction Angles / $I_{T\,Ave}$ - Conduction Angle = 180°					
RMS	125 A		275 A	400 A	475 A	700 A
Av.	80 A		175 A	250 A	300 A	450 A
600	ECG5368	ECG5371	ECG5374	ECG5380	ECG5377	ECG5386
1200	ECG5369	ECG5372	ECG5375	ECG5381	ECG5378	ECG5387
I_{GT} Min (mA)	150	150	150	150	150	150
V_{GT} Max (V)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
I_{Surge} (A)	1400	1400	4500	4500	8000	8000
V_{GRM} (V)	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
V_F on (V) Max	2.0	2.0	1.85	1.85	2.6	2.6
P_G Av (W)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Operating Temp. T_j°C	−40 to +125		−40 to +125	−40 to +125	−40 to +125	−40 to +125
Repetitive d_i/d_t Amps/µsec Max	150	150	300	300	400	400
Non-Repetitive d_i/d_t Amps/µsec Max	800	800	800	800	800	800
d_v/d_t (Max) V/µsec	200	200	300	300	300	300
Turn-Off Time t_q µsec Max	10	15	10	20	25	25
Fig. No.	Z51	Z52	Z53	Z55	Z54	Z56
Package	TO-83	TO-94	TO-93	HT-16	ST-75	HT-23

LUZ STROBOSCOPICA

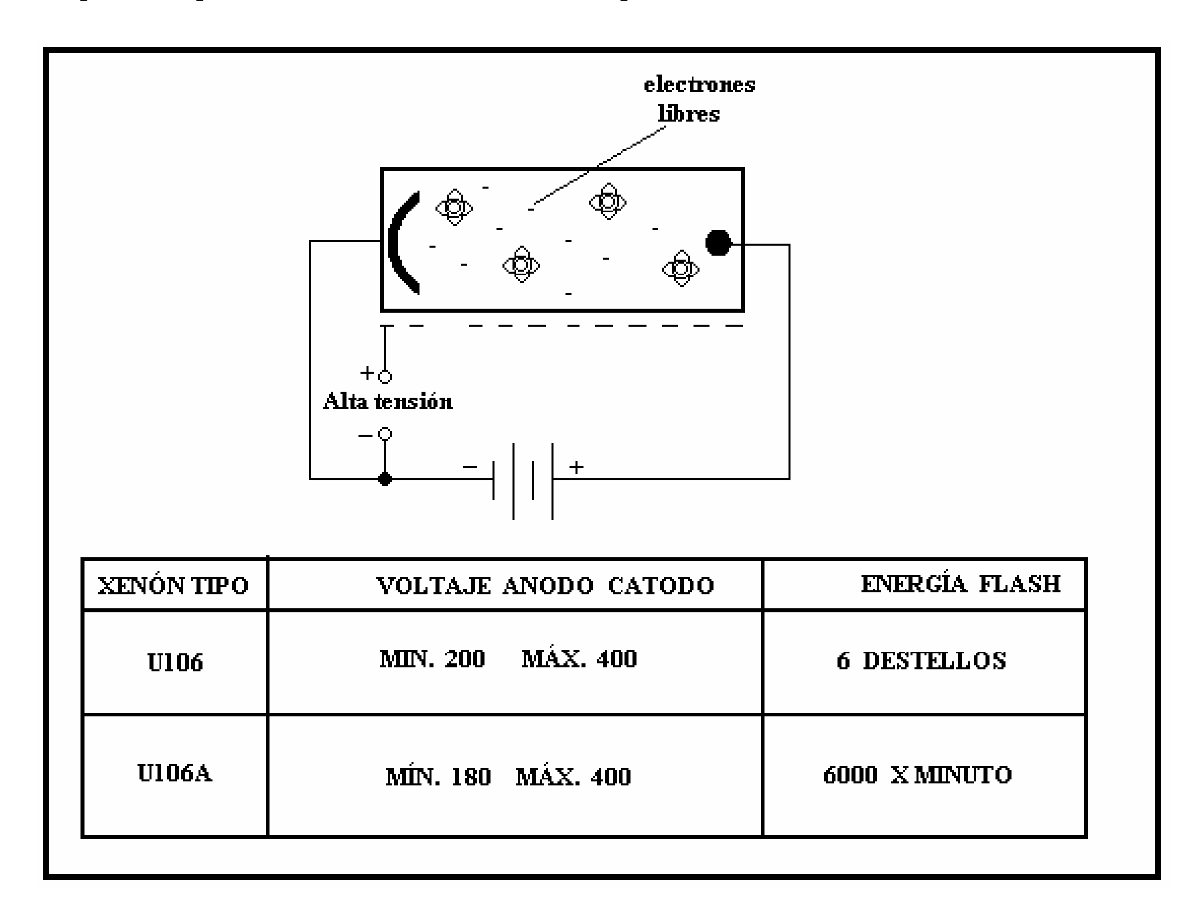
El sistema de iluminación stroboscópico consiste básicamente en un circuito capaz de conseguir la iluminación de una ampolleta de xenón varias veces en un intervalo de tiempo, el que puede ser modificado por medio de un control, consiguiendo que una escena cualquiera, iluminada por este destello, aparezca y desaparezca de la visión del observador. Solo la secuencia que corresponde al momento del destello permanecerá visible, perdiéndose la continuidad del movimiento, siendo este el motivo por el cual recibe el nombre de “ corta figuras “.
El diagrama en bloques de este circuito se muestra en la siguiente figura:



Principio de operación de la lámpara xenón. -
La lámpara de xenón, en su construcción física, consta de una ampolla de vidrio en forma de “ U “ y en cuyo interior existe una atmósfera de gas Xenón, ubicándose entre sus extremos dos electrodos (cátodo y ánodo), más un tercer electrodo que corresponde a un ánodo externo de disparo o ignición.

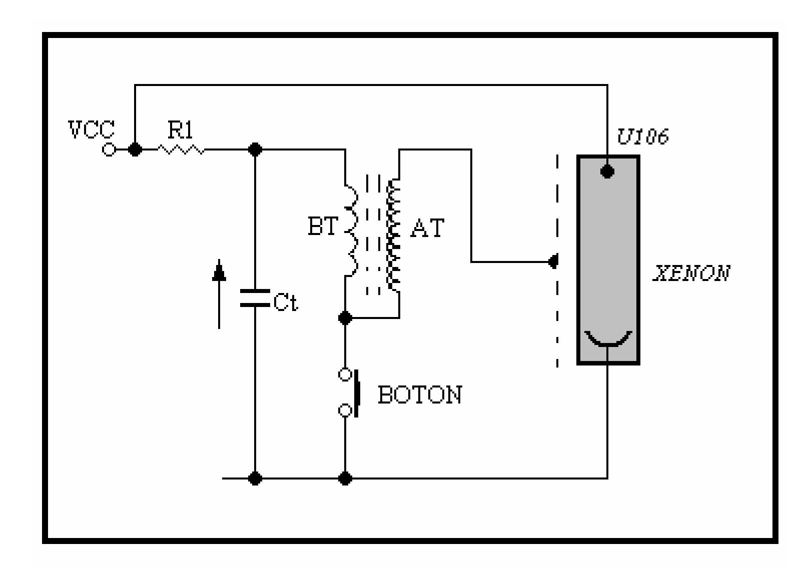


En condiciones normales de operación, el gas que se encuentra dentro de la ampolla de vidrio no es conductor, debido a que es eléctricamente estable y bajo esta condición no conduce energía eléctrica. A pesar de tener una diferencia de potencial de aproximadamente 300V, no existe circulación de corriente a través del gas, ya que no posee electrones libres. Para conseguir que el gas xenón sea capaz de conducir, debemos liberar electrones de los átomos de xenón. Para esto es necesario aportar energía al gas desde el exterior a través del electrodo de disparo (ánodo externo) formando un campo eléctrico a través del tubo, consiguiendo la ionización positiva.
La ionización solo se conseguirá a través de un pulso de alto voltaje, cuyo valor dependerá del tipo de ampolleta usada. En este caso corresponde a 600V.

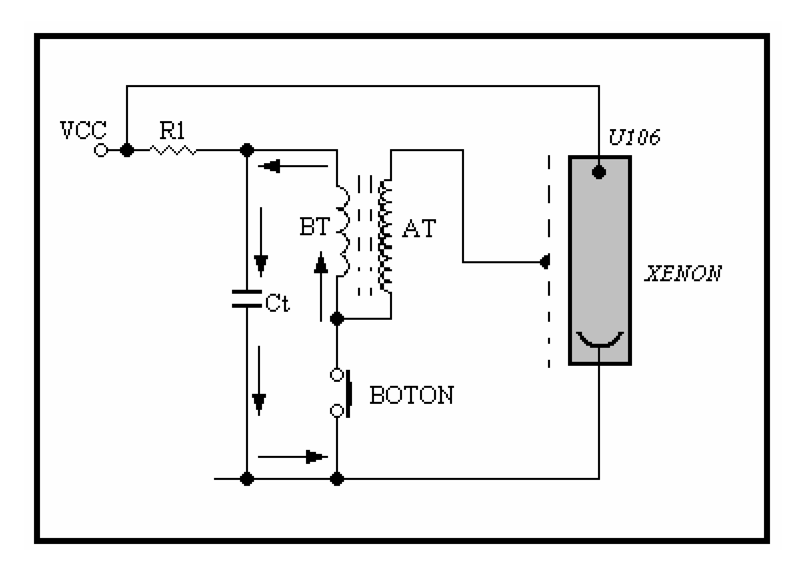


XENÓN TIPO	VOLTAJE ANODO CATODO	ENERGÍA FLASH
U106	MIN. 200 MÁX. 400	6 DESTELLOS
U106A	MÍN. 180 MÁX. 400	6000 X MINUTO

El sistema usado para generar el pulso de alta tensión corresponderá a un transformador elevador con núcleo de ferrita, tal como lo muestra el siguiente diagrama:

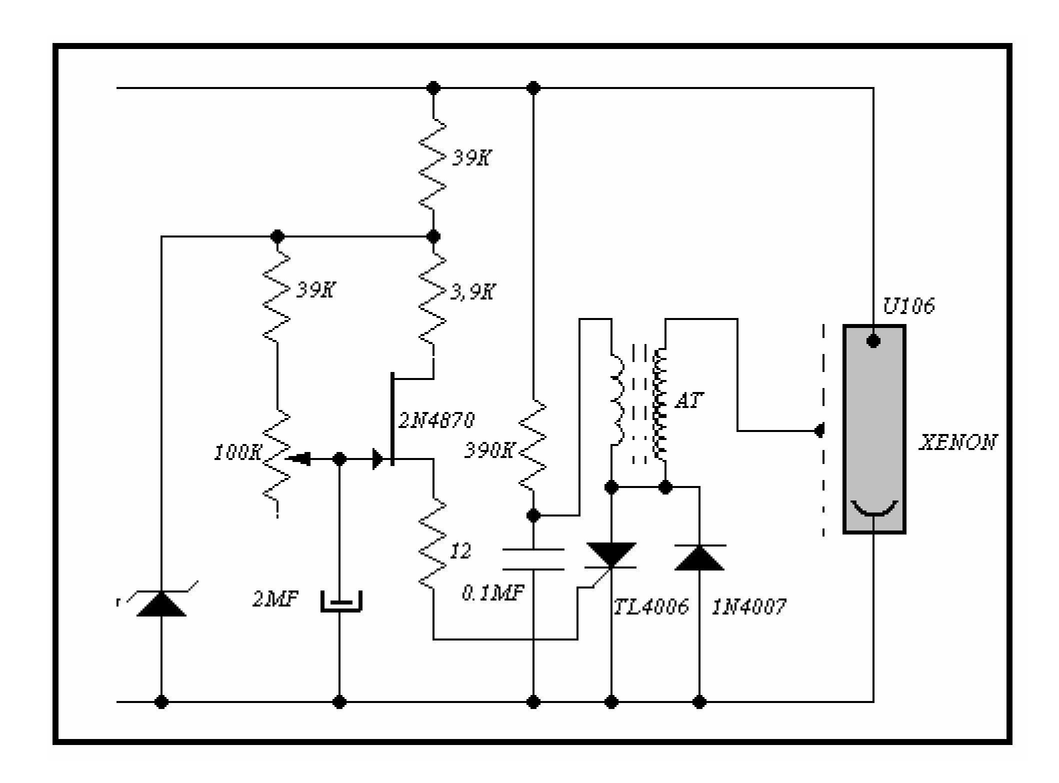


En el análisis tendremos que el condensador marcado como Ct se carga a un potencial adecuado VT por medio de la resistencia R1, situación que ocurre cuando el botón se encuentra abierto. Al proceder a cerrar el botón, conectamos el primario del transformador al condensador marcado como Ct y éste se descarga. Esta situación produce un pulso de tensión en el primario, el que induce, por la relación de espiras, un pulso de alta tensión que se encarga de ionizar el gas, encendiendo el tubo de xenón.

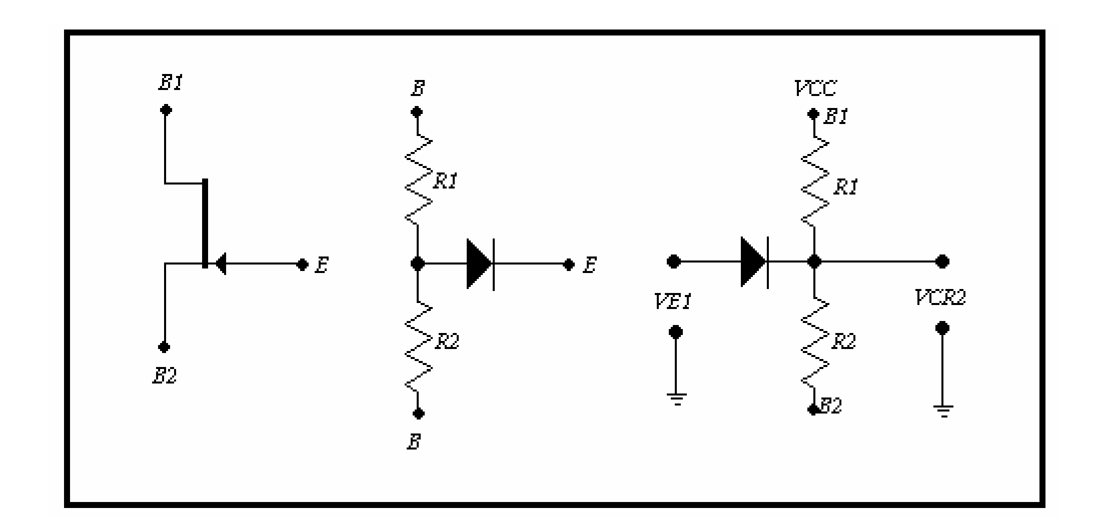


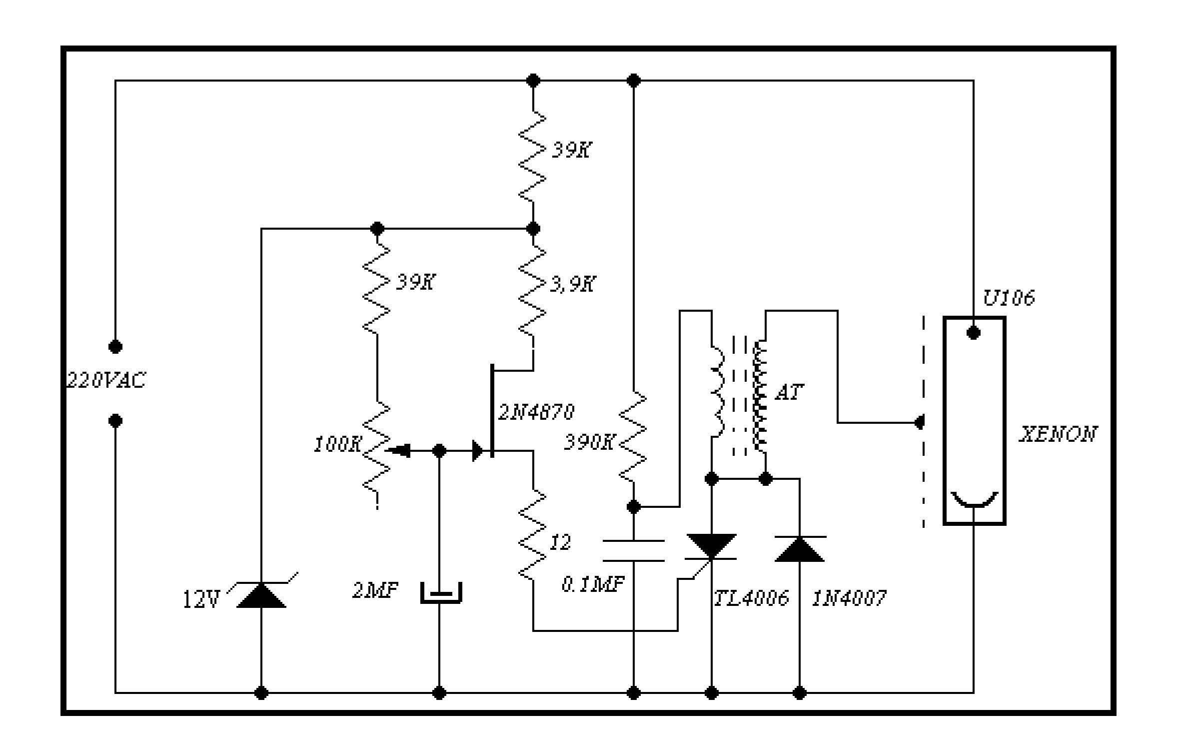
En el circuito original se reemplaza el botón por un componente que cumpla la función de cerrar el circuito. Este elemento corresponderá a un diodo controlado de silicio (SCR o

tiristor), el que junto a un transistor de unijuntura (UJT) se encargará de dar los pulsos de disparo para que se ilumine la lámpara de xenón.



El transistor de unijuntura es un elemento muy especial en cuanto a su confección, ya que solo posee una juntura y cuyo diagrama es el siguiente:



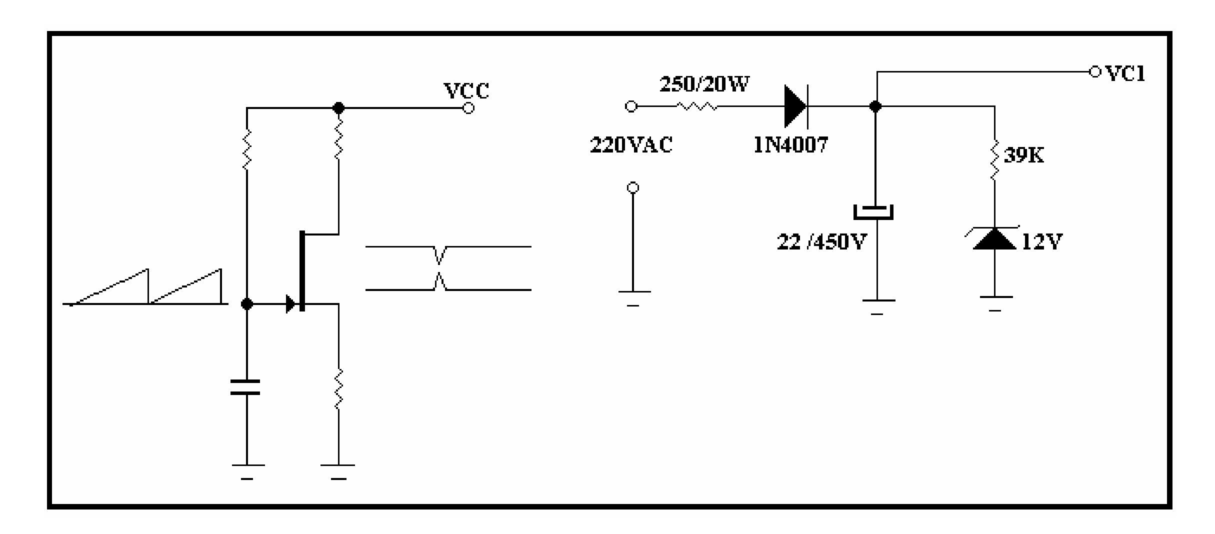


El terminal de emisor corresponde a un diodo cuyo ánodo se encuentra disponible, mientras que las bases corresponden a una resistencia pura cuya relación d e valores se entrega dentro de las características del elemento por medio de una sigla. Normalmente R2 corresponde a un valor mucho menor que R1 y la conducción del elemento está determinada por el voltaje presente en el terminal de emisor con respecto a l a B2.
En el diagrama esta claro que para cualquier valor de voltaje en el emisor, mayor que la suma de voltaje presente en la resistencia R2 (VCR2), más la caída de tensión en la juntura del diodo presente en la entrada, provocará la conducción entre el te rminal de entrada emisor y la B2.

Voltaje de conducción = VE1 = VCR2 + V Diodo.

Si en estas condiciones, en el emisor se coloca una resistencia y un condensador, de manera que el voltaje de conducción VE1 dependa del tiempo de carga de la malla RC, cada vez que se supere dicho umbral el condensador se descargará repitiendo el ciclo.
Si el valor de la resistencia varía, también lo hará el tiempo que le toma al condensador en llegar al voltaje de conducción.
Luego varía la frecuencia con la que dispara mos al tiristor, provocando el pulso de alta tensión que enciende a la lámpara de xenón.

Con respecto a la fuente, esta tiene por función suministrar las tensiones rectificadas con los valores adecuados para la operación de la luz stroboscópica.

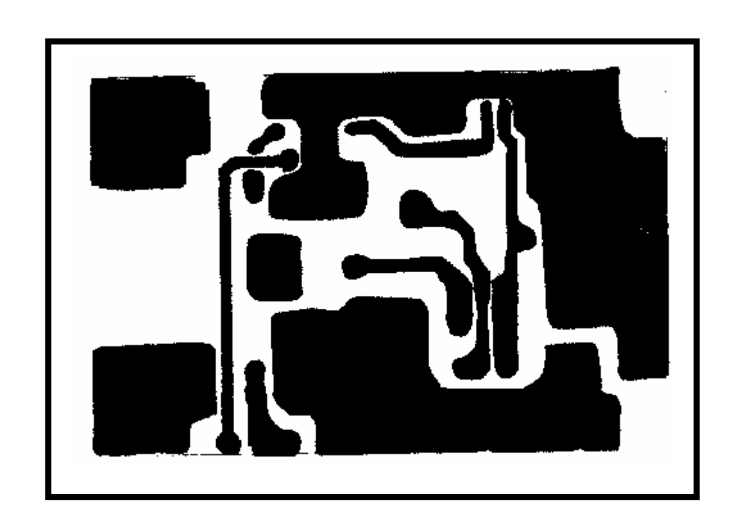


Suministra alrededor de 300V luego de rectificada y filtrada por D1 y C. Mientras que VC2 entrega 12V para polarizar al transistor de unijuntura.

LISTADO DE MATERIALES

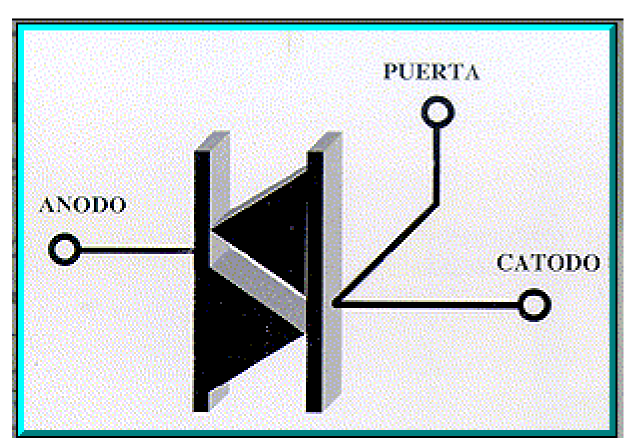
1 Resistencia 12Ω - 1/4W
1 Resistencia 250Ω - 20W
1 Resistencia 3,9KΩ - 1/2W
1 Resistencia 39KΩ - 1/2W
1 Resistencia 100Ω - 1/2W
1 Resistencia 390KΩ - 1/2W
1 Condensador 0,1µF - 10V
1 Condensador 2µF - 25V
1 Condensador 22µF - 450V
1 Transistor UJT 2N4870
2 Diodos 1N4007
1 Diodo zener 12V - 1W
1 Bobina triger 4KV
1 Lámpara Xenón U106.

PICTOGRAMA DEL CIRCUITO STROBOSCÓPICO



EL TRIAC

El Triac es otro componente de la familia de los semiconductores y es equivalente a dos tiristores conectados en paralelo. Su funcionamiento es similar a est os y se utiliza como interruptor electrónico para encender o controlar cargas eléctricas que se manejen con corriente alterna.

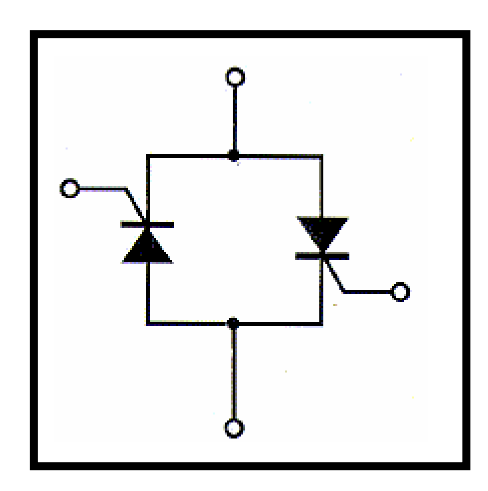


El triac se utiliza como interruptor electrónico, reemplazando con muchas ventajas a los relés y otro tipo de interruptores mecánicos, ya que por no tener partes móviles como los contactos metálicos, no sufre desgaste durante su operación. Además, su operación es muy rápida.

El triac es un elemento que pertenece a la familia de los tiristores. Es como los tiristores que acabamos de explicar, salvo en que es bidireccional, es decir, cuando el triac empieza a conducir permite que la corriente circule en los dos sentidos y no sólo en uno como estaba obligada la corriente que circulaba por los tiristores unidireccionales.

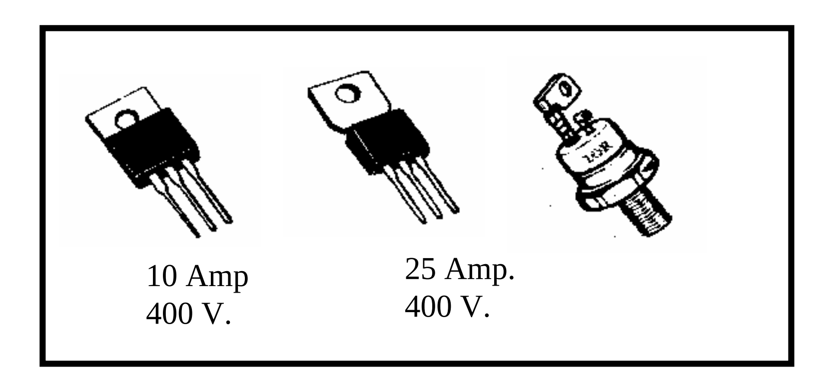
El triac es un elemento semiconductor que, al igual que los tiristores, tiene tres electrodos, uno denominado compuerta es el electrodo de mando, y los otros dos son los principales de

conducción. Los triac también pueden pasar de un estado de bloqueo a un estado de conducción, pero en los dos sentidos de polarización y volver al estado de bloqueo por inversión de la tensión o porque la corriente disminuya por debajo de un cierto valor al que se le denomina corriente de mantenimiento (Ih).



Con un circuito en el que coloquemos dos tiristores en antiparalelo podemos conseguir los mismos efectos que con un triac. Sin embargo el triac tiene varias ventajas frente a este tipo de montajes que podrían suplirle Por ejemplo una de las desventajas de tomar
un circuito con dos tiristores en antiparalelo es que solo podemos gobernar las compuertas mediante un transformador de impulsos, mientras que en el trial sólo necesitamos un circuito de mando formado por un electrodo de disparo. La otra ventaja de los triac consis te en pasar del estado bloqueado al de conducción con independencia de las polaridades de compuerta o ánodo.
Tal como se puede observar en la figura superior, un triac puede obtenerse por diversas estructuras de capas de difusión, estando constituido por dos tiristores. Podemos dividir al triac en dos mitades, siendo cada una de ellas un tiristor. En la primera mitad tenemos un tiristor que conduce en un sentido y en la otra mitad tenemos otro tiristor que conduce en el sentido inverso. La compuerta se con stituye por dos capas de tipos opuestos N y P.
Al igual que los tiristores, un triac necesita cebarse para empezar a conducir. Como es triac está formado por dos tiristores vamos a tener dos ánodos a los que llamaremos A1 y A2 con tensiones V1 y V2 respect ivamente, vamos a tener una sola compuerta y tomaremos la V1 como tensión de referencia, la cual suele ser siempre cero, para definir las distintas polarizaciones que se pueden producir en los cuatro cuadrantes posibles. Estos cuatro cuadrantes vienen defi nidos según sea el signo de la tensión del ánodo segundo, V2, y el signo de la tensión de puerta, Vg. Los triac pueden dispararse por una tensión de compuerta negativa o positiva.

TIPOS DE TRIACS



TRIACS



VRRM DC or Peak Volts	IT RMS Max Forward Current (Amps) 0.8 A	2.5 A		4 A		8 A			10 A			
50				ECG5601					ECG5612		ECG5631	
100		ECG5640	ECG5650	ECG5602					ECG5613	ECG5623	ECG5632	
200	ECG5655	ECG5641	ECG5651	ECG5603					ECG5614		ECG5633	
400	ECG5656	ECG5642	ECG5652	ECG5605	ECG5629	ECG5608	ECG5638		ECG5616		ECG5635	
600	ECG5657	ECG5643	ECG5653	ECG5607		ECG5609			[illegible]		ECG5637	ECG5645
800						ECG5610		ECG5620				
IGT Min (mA) Quadrants I & III	5.0	25	3.0	30	3.0	10	10	35 Quads I, II, III	50	50	50	50
IGT Min (mA) Quadrants II & IV	5.0	40	3.0	---	3.0	10	10	70 Quad IV	75	---	50*	75
VGT Max (V)	2.0	2.2	2.2	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.5	2.0	2.5	2.5
ISurge Max (A)	8.0	25	25	30	40	80	80	60	100	100	100	120
IHold Min (mA)	20	35	5.0	30	5.0	15	10	20	50	50	50	50
Von Max (V)	1.5	1.8	2.2	2.0	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.65	1.6
VGM (V)	±5.0	±5.0	±5.0	±5.0	±5.0	±10	±5.0	±10	±5.0	±5.0	±10	±5.0
PG Av (W)	.01	.05	.05	.5	.3	.5	.4	.5	.5	.5	.5	.5
Operating Temperature TJ °C	−40 to +110	−65 to +100	−40 to +90	−40 to +110	−40 to +110	−40 to +110	−40 to +110	−40 to +120	−65 to +100	−40 to +100	−40 to +100	−40 to +110
Off State dv/dt (Typ) V/µsec	20	100	5	5	10	25	25	100	5	5	50	60
Operating Quadrants	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,III	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,III	I,II,III	I,II,III,IV
Fig. No.	736	761		738	740	741	741	741D	739		741	741
Package	TO-92	TO-5		TO-126	TO-202	TO-220	TO-220 Isolated Tab	TO-220J	TO-127		TO-220	TO-220 Isolated Tab

* 3 Mode device not specified in Quadrant IV

Package Outlines - See page 1-134

TRIAC Outlines (cont'd)

Fig. Z41 — TO-220

.110" (2.79); .420" (10.67) MAX.; .147" (3.73) MAX. DIA.; .500" (12.7) MAX.; .500" (12.7) MIN.

PIN
1. MAIN TERMINAL 1 (MT1)
2. MAIN TERMINAL 2 (MT2)
3. GATE (G)

Tab Electrically Common to Pin 2 except for Isolated Types

Fig. Z41D — TO-220J

.295" (7.5); .402" (10.2); .224" (5.7); .173" (4.4); .114" (2.9); .165" (4.2); .122" (3.1) DIA.; .669" (17.0); .531" (13.5); .031" (0.8); .043" (1.1); .100" (2.54)

1. MAIN TERMINAL 1
2. MAIN TERMINAL 2
3. GATE

Fig. Z48A — TO-64M

.43" (10.95); .855" (21.72) MAX.; .125" (3.18) MAX.; .453" (11.5) MAX.; 5mm

PIN
1. GATE (G)
2. MAIN TERMINAL 1 (MT1)
3. MAIN TERMINAL 2 (MT2)

Torque to 12 in-lbs min.
15 in-lbs max

Fig. Z49 — TO-48

.562" (14.28) MAX.; 1.193" (30.30) MAX.; .200" (5.08) MAX.; .453" (11.5) MAX.; 1/4-28 UNF-2A

PIN
1. GATE (G)
2. MAIN TERMINAL 1 (MT1)
3. MAIN TERMINAL 2 (MT2)

Torque to 25 in-lbs min;
30 in-lbs max

Fig. Z50 — TO-48 Isolated Stud

.555" (14.10); .503" (12.78); .415" (10.54) MAX.; .305" (7.75) MAX.; 1.030" (26.16) MAX.; .438" (11.13); 1/4-28UNF-2A

PIN
1. MAIN TERMINAL 1
2. GATE
3. MAIN TERMINAL 2

Torque to 25 in-lbs min;
30 in-lbs max

Fig. Z61 — TO-5

.320" (8.13); .250" (6.35); 1.50" (38.10) MIN.; .370" (9.40) MAX.

PIN 1. MAIN TERMINAL 1 (MT1)
PIN 2. GATE (G)
PIN 3. MAIN TERMINAL 2 (MT2)
COMMON TO CASE

Fig. Z62 — 1/2" Press Fit

MT1; GATE; MT2; .610" (15.49) MAX; .480" (12.19) MAX.; .385" (9.78) MAX.; .508" (12.90) MAX.

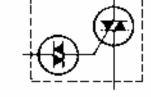
TRIACS (cont'd)

V_{RRM} DC or Peak Volts	I_T RMS Max Forward Current (Amps) 12 A	15 A		16 A	25 A			
50							ECG5681	
100							ECG5682	
200		ECG5673	ECG56004		ECG56015	ECG56019	ECG5683	
400		ECG5675	ECG56006		ECG56016	ECG56020	ECG5685	
600	ECG5667A	ECG5677	ECG56008		ECG56017		ECG5687	
800	ECG5668A		ECG56010	ECG5671	ECG56018			ECG5699
1000	ECG5669A							
I_{GT} Min (mA) Quadrants I & III	100	50	40	35 Quads I,II,III	50 Quads I,II,III	50	75	50 Quads I,II,III
I_{GT} Min (mA) Quadrants II & IV	100	80	75	70 Quad IV	75 Quad IV	50	100	80 Quad IV
V_{GT} Max (V)	2.5	2.5	2.5	1.5	2.5	2.5	3.0	2.0
I_{Surge} Max (A)	120	100	150	150	250	200	225	250
I_{Hold} Min (mA)	100	75	40	30	50	70	75	50
V_{on} Max (V)	2.2	1.8	1.6	1.5	1.85	1.8	1.9	2.0
V_{GM} (V)	---	±5.0	±10	±10	±10	±10	±5.0	±5.0
P_G Av (W)	1	.5	.5	.5	.5	.5	.75	.5
Operating Temperature T_J °C	−40 to +125	−65 to +100	−40 to +125	−40 to +125	−40 to +125	−40 to +110	−40 to +100	−40 to +125
Off State dv/dt (Typ) V/μsec	100	100	50	100	40	60	100	40
Operating Quadrants	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III	I,II,III,IV	I,II,III,IV
Fig. No.	Z48A	Z49	Z41	Z41D	Z41	Z41	Z49	Z41D
Package	TO-64 Metric	TO-48	TO-220	TO-220J	TO-220	TO-220 Isolated Tab	TO-48	TO-220J

*3 Mode device not specified in Quadrant IV

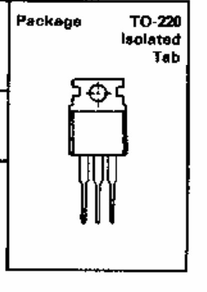
Package Outlines - See page 1-134

TRIAC with Internal Trigger DIAC



ECG Type	I_T RMS Amps	V_{RRM} DC or Pk Volts	Operating Quadrants	V_{BO} (V)	I_{BO} (μA)	Max Ratings V_F (on) Volts	I_{Surge} Amps	I_{Hold} mA	Oper Temp T_J °C	Off State dv/dt V/μsec	Fig. No.
ECG5646	10 A	600	I, II, III, IV	35 Min	200	1.6	110	50	−40 to +100	60	Z41

Package TO-220 Isolated Tab



FORMA DE PROBAR TRIAC DE BAJA POTENCIA CON EL ÓHMETRO

La prueba de funcionamiento de un triac normalmente requiere de un óhmetro capaz de suministrar una corriente de compuerta (IGT) que permita el enganche del triac.

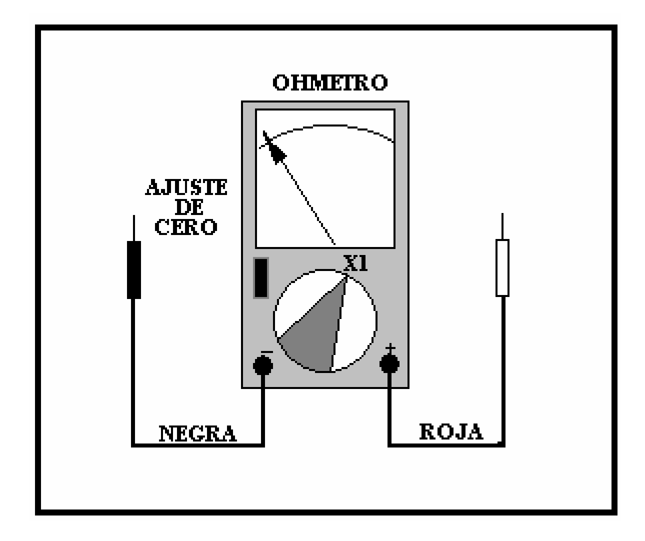
Normalmente la corriente IGT viene indicada en los manuales de reemplazo de estos dispositivos.

Es importante destacar, que para la verificación del estado de un triac es importante, primero, reconocer la ubicación de sus terminales.

1.-IDENTIFICACIÓN DE LOS TERMINALES DE UN TRIAC. -

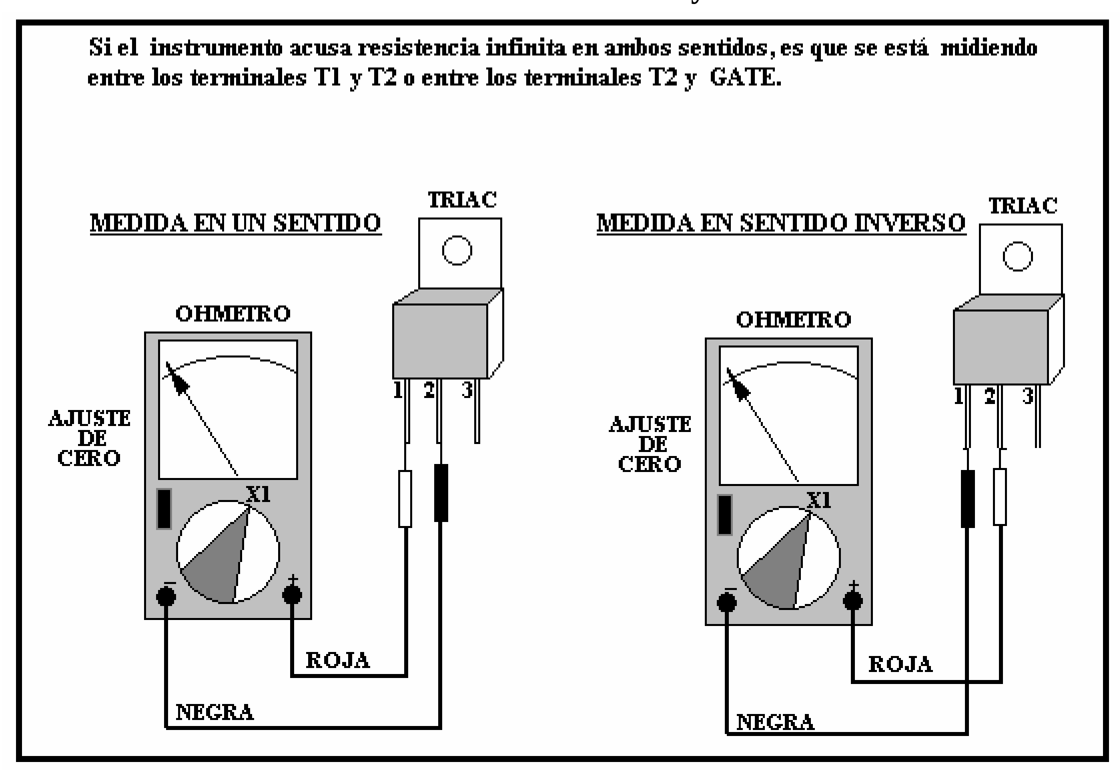
Orden de operaciones para el desarrollo de la prueba.-

a)Utilizar un tester como óhmetro y disponerlo en la escala X1.

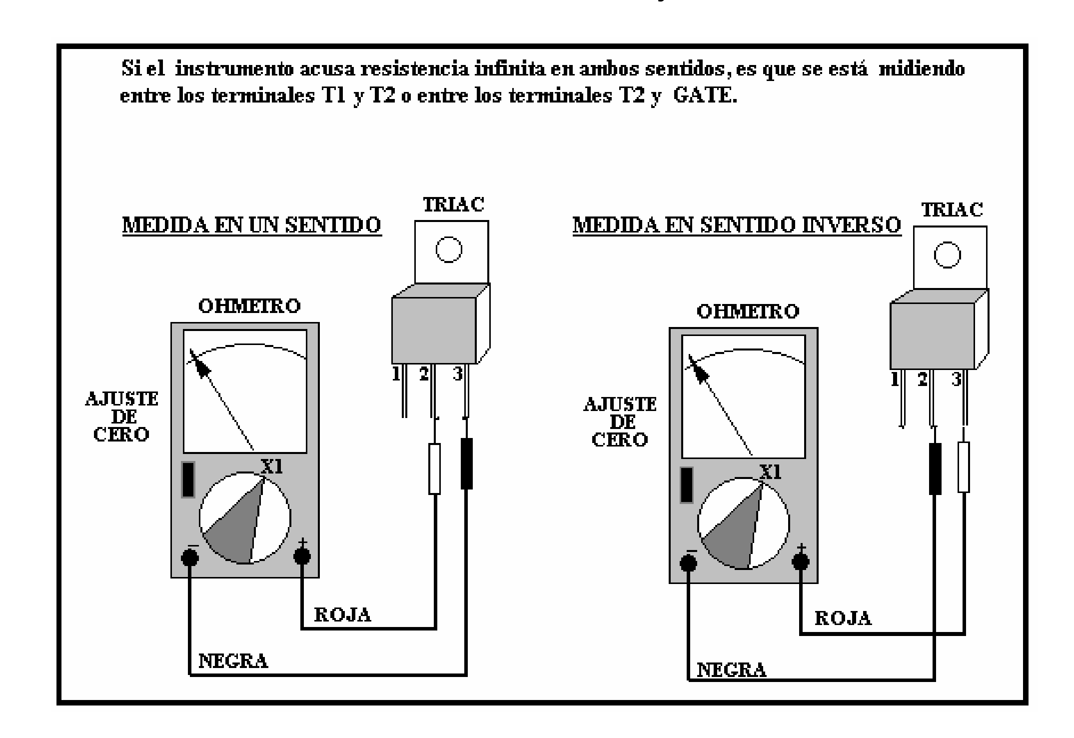


b)Identificar los terminales correspondientes a T1 / T2 / Gatillo .

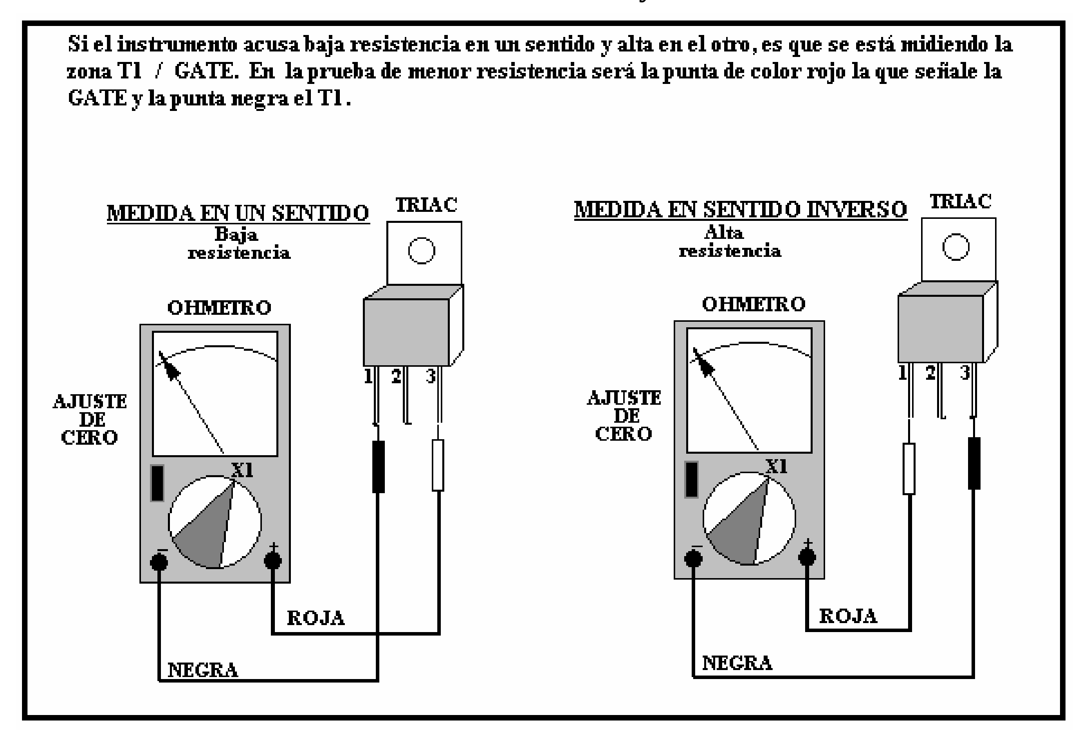
Medir entre los contactos 1 y 2 del triac



Medir entre los contactos 2 y 3 del triac

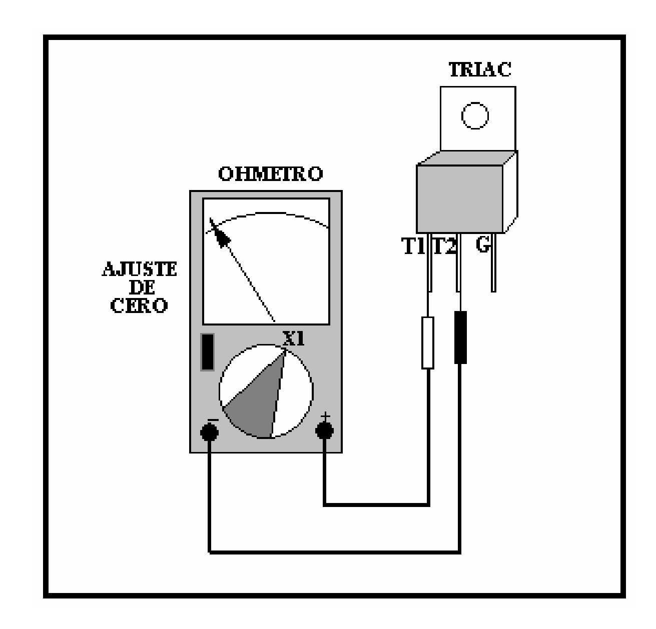


Medir entre los contactos 1 y 3 del triac

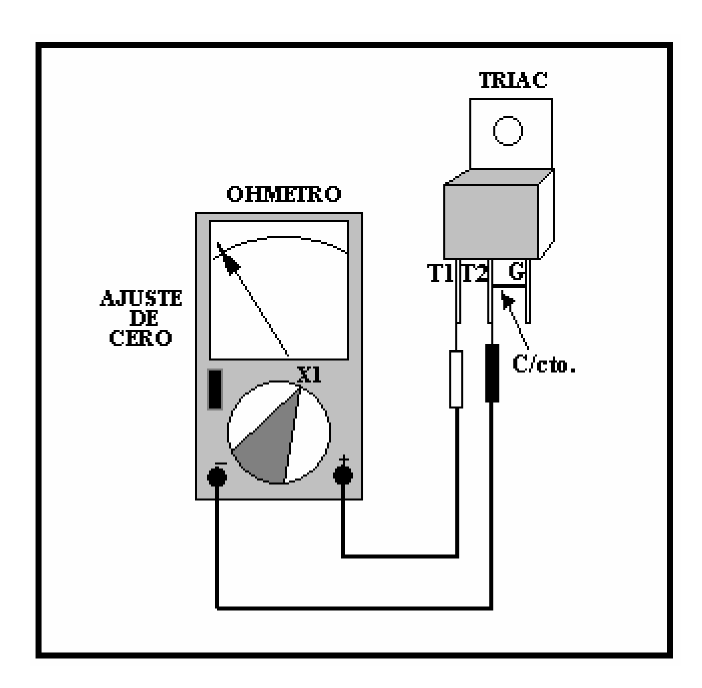


2.-FORMA DE DISPARAR UN TRIAC CON EL ÓHMETRO PARA DETERMINAR SU ESTADO.-

Una vez identificados los tres terminales del triac, conecte una punta del óhmetro al T1 y la otra al T2. Es importante destacar que el instrumento, en condiciones normales acusará una resistencia infinita.



Cortocircuitar el T2 del triac con el gatillo en forma momentánea. A partir de este instante se polariza el gatillo del triac, permitiendo que este entre en conducción.

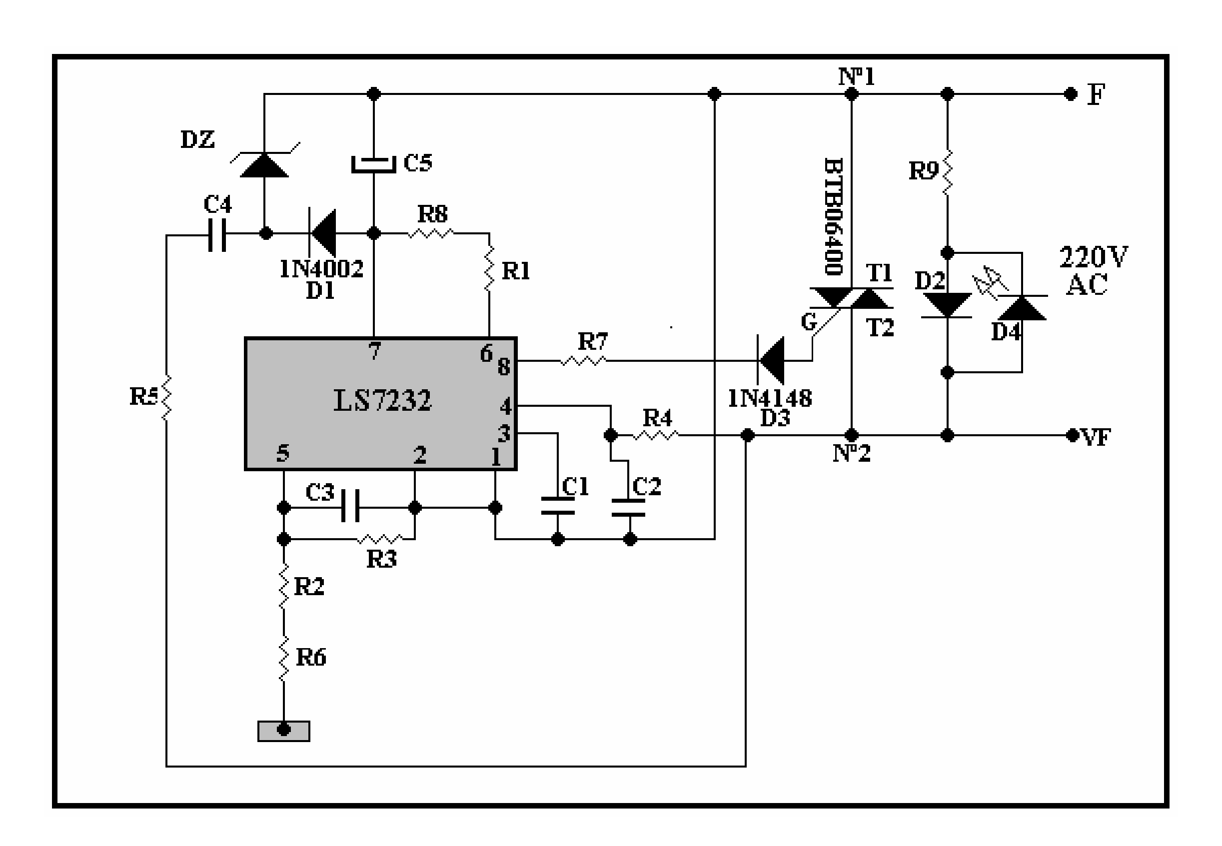


Es importante destacar que, aún cuando se remueva el cortocircuito entre T2 y gatillo, la lectura del instrumento se debe mantener, lo que significa que no se interrumpe la conducción del triac una vez que éste ha arrancado.

REGULADORES DE LUZ O DIMMER

Un dimmer es un tipo especial de interruptor que se utiliza para controlar, en forma continua y gradual, la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa. El empleo de dimmers en lugar de interruptores electromecánicos permite crear diferentes atmósferas y contribuye a ahorrar energía eléctrica. El control de la luminosidad puede hacerse mediante una perilla rotatoria o deslizante, por contacto dela piel con un sensor táctil o a control remoto. En este proyecto construiremos un dimmers de tacto. El sistema permite prender, apagar y/o regular el nivel de iluminación de lámparas incandescentes hasta de 500(W) y se utiliza directamente en sustitución de un interruptor de un efecto convencional (interruptor de un efecto o monopolar).

En la figura siguiente se muestra el diagrama esquemático del dimmer. El sistema está desarrollado alrededor de un circuito integrado LS7232 y se alimenta directamente de la red de AC.



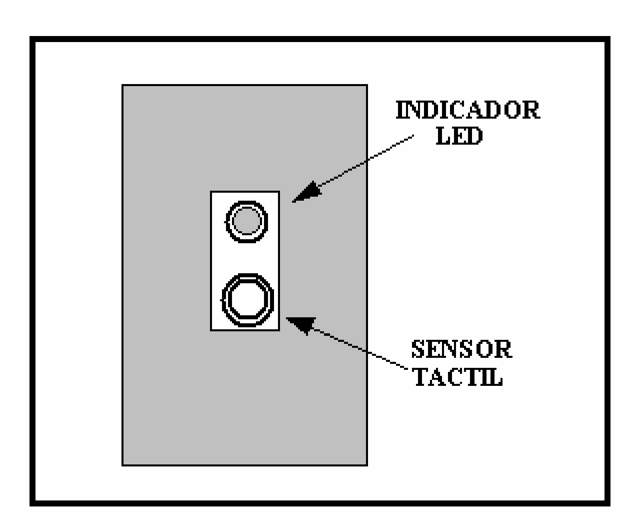
Montaje de los componentes:

Comience el ensamble instalando la base del circuito integrado en la posición adecuada, puesto que esta trae una muesca que indica la posición del pin Nº1. Una vez instalada la base del circuito integrado en la posición correcta, inicie la instalación de las resistencias. El valor óhmico de cada resistencia se señala sobre el cuerpo de la misma mediante las tres primeras franjas de color. La última franja, generalmente dorada, corresponde a la tolerancia (5%). Todas las resistencias son de ¼ de watts.
Instale de la misma forma los elementos restantes, observando el valor, la polaridad y la orientación de los mismos. En particular sea cuidadoso al instalar la base del circuito integrado, los diodos DZ, D1, D3, el condensador electrolítico C5 y el triac. Este último debe montarse sobre un disipador de calor.

El circuito integrado debe estar orientado de la misma forma que la base.
Al instalar cada componente, doble ligeramente hacia los lados los terminales de conexión para evitar que se salgan de su lugar. Antes de soldar los terminales de las resistencias y los condensadores a las pistas del circuito impreso, es conveniente cortarlos a una longitud adecuada. Antes de aplicar la soldadura, caliente el terminal y la pista para facilitar la adherencia de la misma.
A continuación, instale y asegure tanto el sensor táctil como el indicador tipo LED (D4) en la tapa móvil utilizando los accesorios de fijación correspondientes. El LED debe ir montado en su respectivo portaled. El sensor táctil (un jack tipo banana aislado) debe incluir una arandela de conexión.

Provea el LED y el sensor táctil de sus respectivos cables de conexión. Suelde el conductor rojo del cable polarizado al ánodo del LED y el conductor negro al cátodo del mism o. Este último se identifica por ser el terminal más corto. Corte cada terminal del LED cerca del punto de soldadura.

Este debe ser el aspecto externo final ofrecido por el dimmer una vez ensamblado. El LED rojo se ilumina plenamente en la oscuridad para facilitar la localización del interruptor, mientras que el sensor se toca con un dedo para prender y apagar la lámpara o cambiar el nivel de luminosidad.



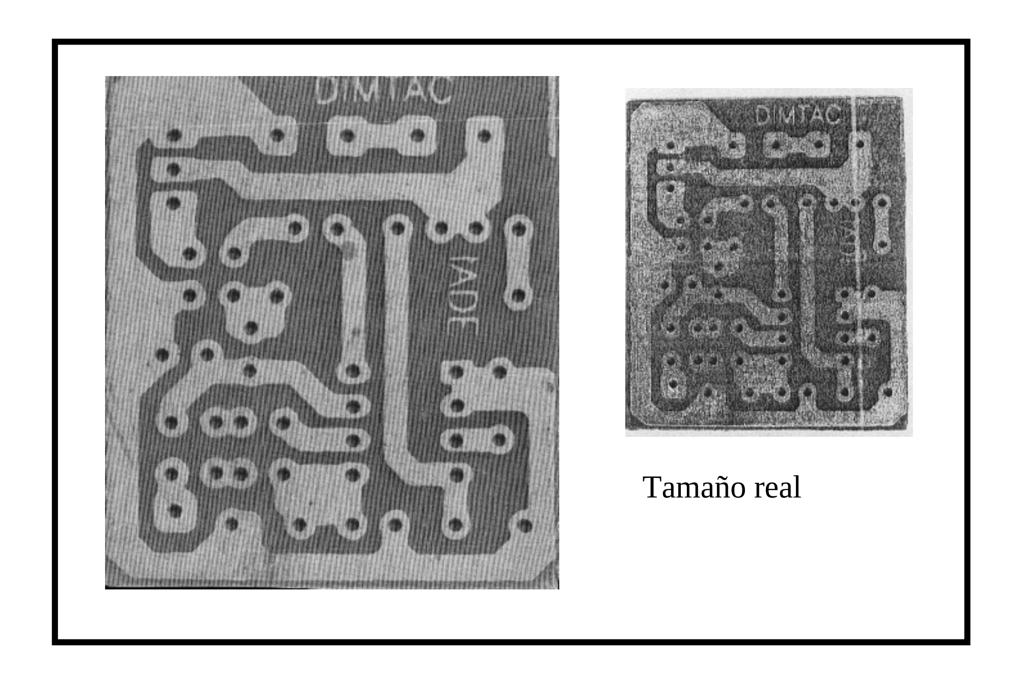
Instalación del dimmer:

Para instalar el dimmer, retire el interruptor original de la lámpara (interruptor 9/12, de un efecto o monopolar) en la forma usual, identifique los alambres correspondientes a la fase y vuelta de fase y luego desconecte la energía correspondiente a este circuito, a través del disyuntor termomagnético correspondiente, desde el tablero de distribución de alumbrado. Hecho esto, conecte el alambre de fase al terminal Nº1 del circuito y el alambre correspondiente a la vuelta de fase conéctelo al terminal Nº2 del circuito. Es importante destacar que el dimmer no trabajará adecuadamente si los alambres de fase y vuelta de fase se encuentran intercambiados.

LISTADO DE MATERIALES

DZ	1N4744A	15V - 1W
D1 – D2	1N4007	
D3	1N4148	
D4	LED ROJO	
TRIAC	BTB06400	6A - 400V
INTEGRADO	LS7232 ó LS7231	
R1	470KΩ	1/4W
R2 – R6	4,7MΩ	1/4W
R3 – R4	1,0MΩ	1/4W
R7	100Ω	1/4W
R8	120KΩ	1/4W
R5	1,0KΩ	1/4W
C1	47000 pF	
C2	470 pF	
C3	680 pF	
C4	100.000 pF	400V
C5	47µF	25V
BASE INTEGRADO	8 PINES.	

Pictograma del dimmer:



Tamaño real

CIRCUITO DE LUCES RÍTMICAS INALÁMBRICO DE TRES CANALES

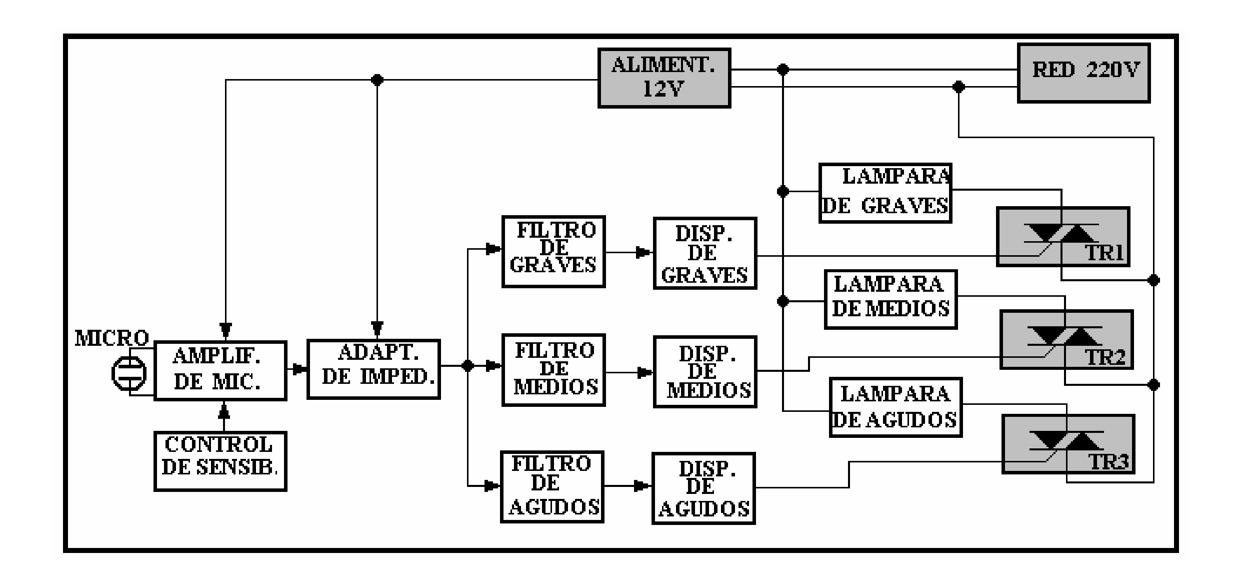
Cuando estamos en una discoteque podemos observar que, además de sonido, se utiliza la luz proveniente de lámparas de colores que se encienden y apagan siguiendo el ritmo de la música, también se juega con los niveles de iluminación. Esta última posibilidad ya la hemos resuelto utilizando el dimmer , cuya construcción hemos realizado. Utilizando diversos reguladores podremos modificar el nivel de iluminación de variso conjuntos de lámparas. Estos cambios de ambiente se realizan de vez en cuando y permiten adecuar un local para fines diversos, y como no, el salón de nuestra propia casa.

Pero aún queda pendiente otro sistema de iluminación, aquel que de una manera automática siga el ritmo de la música sin tener que estar accionado constantemente uno o varios interruptores.

El equipo cuya construcción proponemos capta el sonido ambiental por medio de un micrófono, lo amplifica y, después del tratamiento adecuado, controla el encendido de tr es canales de luz según el nivel sonoro detectado por cada uno de los tres filtros: graves, medios y agudos. Se utiliza un micrófono para evitar cualquier conexión por cable con el equipo de música.

EL CIRCUITO

La señal de audio se capta del ambiente me diante un económico micrófono “ electret”, que puede ser de dos o de tres terminales; el terminal de entrada de señal se identifica en el circuito por la letra E, mientras que el de alimentación se identifica con una P; esta tensión de alimentación se obti ene de la alimentación del resto del circuito mediante un divisor de voltaje formado por las resistencias R2, R3 y R4.



La señal eléctrica que entrega la salida del micrófono se desacopla en continua mediante el condensador C1, y se aplica a la entra da del amplificador de micrófono a través de la resistencia R1; el condensador C2 mejora la respuesta a las frecuencias más agudas; el potenciometro P1 permite ajustar la ganancia, o sea, el factor de amplificación, de este amplificador; la salida del mism o se aplica al segundo amplificador, que eleva aún más la señal de audio entregada por el primero; a la salida de este segundo amplificador se encuentra un amplificador de ganancia, unidad que se emplea como adaptador de impedancias, para que la señal de e xcitación de los filtros sea la correcta.
A continuación, se han dispuesto tres filtros muy sencillos, el primero de ellos corresponde al filtro que deja pasar las señales de frecuencia más baja; esta formado por el condensador

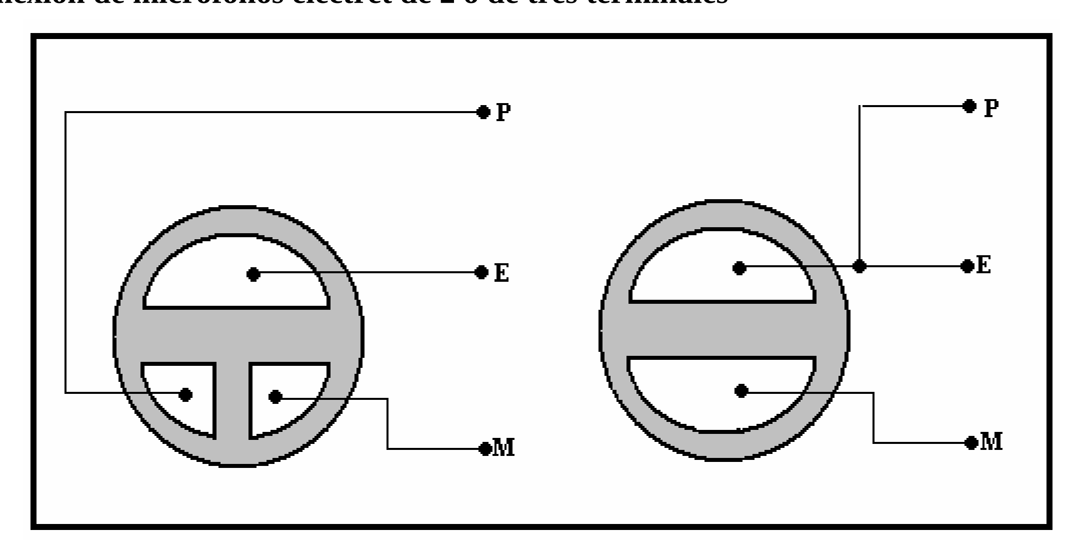
C5 y por la resistencia R8, deja pasar con facilidad las frecuencias por debajo de unos 500 Hz.
El segundo filtro, formado por la resistencia R11 y los condensadores C7 y C8, deja pasar las frecuencias medias, es decir, comprendidas entre unos 500 Hz y 3000 Hz, aproximadamente.
El tercer filtro deja pasar las frecuencias superiores a unos 3000 Hz, o sea, las notas más agudas.
La salida de cada uno de estos filtros, marcada por las letras G1, M1 y A1 se aplica a sendos potenciómetros con los que se puede regular el nivel de señal que se aplica a cada una de las resistencias de base de los transistores de excitación de cada uno de los triac correspondientes, a su vez, a cada uno de los canales.
Cuando el transistor de disparo de uno de los canales, T1, T2 o T3 está cortado, es decir, n o conduce, por no llegar a su base suficiente corriente, la tensión en la compuerta del triac es de aproximadamente cero volts y este no conduce, permaneciendo apagada la lámpara cuyo encendido controla.
Cuando la señal de salida del filtro, ajustada por e l potenciómetro PA, PM o P1, tiene el suficiente nivel para que circule corriente por la base del transistor, este conducirá y, por tanto, en los extremos de su resistencia de emisor de 220 ohm se producirá una caída de tensión suficiente para que el tria c se dispare y que se encienda la lámpara correspondiente.
El resto del circuito corresponde a la alimentación, este diseño no es muy exigente en cuanto a la estabilidad de la tensión de alimentación. Las lámparas son de 220V del tipo incandescente y se alimentan de la red; el triac actúa como interruptor electrónico. En cuanto a la alimentación de los amplificadores operacionales y del circuito de disparo, se obtiene de un pequeño transformador con primario de 220V y secundario de 9V/500 mA, la salida de éste se aplica a un pequeño puente rectificador, y la salida de éste último se filtra con un condensador de 1000 μF, obteniéndose una tensión continua, sin estabilizar, de unos 12V.

MONTAJE.

El montaje se comenzará por la inserción y posterior soldadura de los componentes situados sobre el circuito impreso. Hay que prestar atención para colocar correctamente los TRIAC; los transistores tienen una pequeña solapa en su cápsula, los condensadores electrolíticos poseen polaridad y los circuitos integrados una muesca de posición que se hará coincidir con la del zócalo.
Seguidamente, presentaremos el circuito impreso y el transformador sobre la caja utilizada, reservando el espacio para los elementos situados sobre el panel frontal y sobre el panel posterior que sobresalen hacia el interior del equipo.
En el panel posterior se realizarán las perforaciones para los conectores de salida, para el portafusibles y para el cable de salida de red. La distancia entre conectores será la adecuada para conectar un enchufe de red de uso corriente; procure aislar bien estos conectores, pues están a la tensión de red.
En el panel frontal se situarán los cuatro potenciometros, el de sensibilidad y los de disparo de los tres canales, y el micrófono que se ubicará dentro de un pas amuros de goma.

El conexionado se realizará siguiendo el diagrama de conexionado, y el micrófono puede ser de dos o de tres terminales.

Conexión de micrófonos electret de 2 o de tres terminales



Las lámparas a conectar en cada canal serán incandescentes, con un máximo de 200W, si no se utiliza disipador para los triac; si se utiliza podría alcanzarse los 1000W. Si se decide por esta opción recuerde que los disipadores no pueden tocarse entre sí y que están a la tensión de la red. Las lámparas se conectarán en paralelo, por ejemplo, se pueden conectar 8 lámparas de 25W, 5 de 40W, 3 de 60W o 2 de 100W en cada canal, suficiente para la mayor parte de las aplicaciones. La carga mínima en cada canal es de 40W; si se utiliza una carga menor, el equipo no funcionará correctamente.

El fusible a utilizar será de unos 4 amperes, para una carga máxima de unos 200W por canal. Si se utiliza una carga mayor, será necesario elevar el valor del mismo; no se aconseja pasar de 400 W por canal pues, además de incorporar radiadores a los triac, habría que aumentar la sección de los cables hasta 1 mm^2.

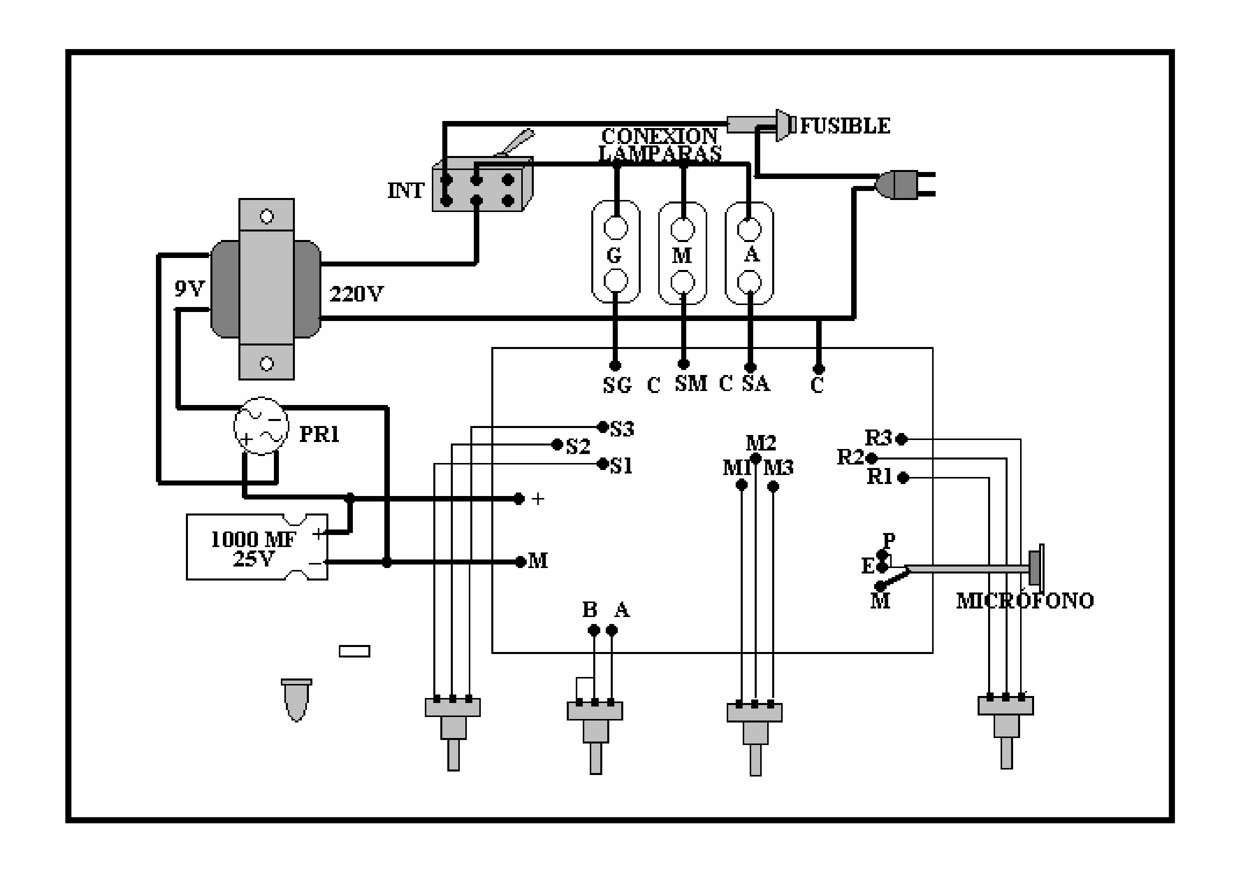
El equipo puede probarse conectando cualquier lámpara incandescente directamente a los conectores de salida.
Se obtienen muy buenos efectos de luz utilizando lámparas de color diferente para cada canal. En caso de que la sensibilidad sea excesiva, puede reducirse el valor de la resistencia R5, y en caso de que sea insuficiente se disminuirá el valor de la resistencia R6.

El equipo puede conectarse directamente a la tensión de la red de 220V.

El equipo puede situarse cerca de un parlante, pero no debe hacer contacto con él pues, si por ejemplo, se apoya encima, la vibración puede hacer funcionar el equipo al ser captada por el micrófono; el equipo no se daña, pero puede funcionar de una manera diferente a lo previsto.

Para la puesta en marcha se aconseja tener el volumen del equipo de música a nivel normal de utilización y colocar el equipo cerca de uno de los altavoces. Se pondrán los mandos de los potenciómetros de cada canal en una posición media, y se retocará el potenciómetro de sensibilidad hasta que las lámparas comiencen a actuar; a partir de aquí, el ajuste se realizará a gusto de cada uno.

Hay que tener en cuenta que el equipo capta todo el sonido del amb iente, es decir, puede utilizarse como "aplausómetro" o como "gritómetro", o sea, cuanto más ruido más se iluminarán las lámparas. Si hay silencio permanecerán apagadas.



LISTA DE MATERIALES

R1	10K	1/4W
R2	3,3K	1/4W
R3	2,2K	1/4W
R4,R8,R14,R15	1K	1/4W
R5	220K	1/4W
R6	22K	1/4W
R7	470K	1/4W
R9,R12,R16	6,8K	1/4W
R10,R13,R17	220Ω	1/4W
R11	270Ω	1/4W
C1,C3,C9	100nF	
C2	10nF	
C4,C6	22µF	
C5	330nF	
C7	220nF	
C8	22nF	
C10	560nF	
T1,T2,T3	Transistor 2N2222	
TR1,TR2,TR3	Triac TIC226M	
IC1	Integrado TL082	
IC2	Integrado µA741	
1	Led rojo – 5 mm	
1 Resistencia	1K	1/4W
P1	Potenciómetro 1M	
PA, PG, PM	Potenciómetro 47K	
TRF	Trafo 220V/9V/200 Ma	
PR1	Puente rect B80/C1000	
C11	Electrolítico 1000µF	
MIC	Electret 2 terminales	
INT	Interruptor doble	
1	Portafusibles	
1	Fusible 500 mA	